

# **VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO CONCEITO NZEB À REABILITAÇÃO DE CONJUNTOS HABITACIONAIS EM PAÍSES DO SUL DA EUROPA**

**MARCO ANDRÉ MARTINS AIRES**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JUNHO DE 2015

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



[miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



[feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais e Irmã

*“Be the change you want see in the world”*

*Mahatma Gandhi*



## **AGRADECIMENTOS**

Com fim desta etapa de extrema importância na minha vida, não poderia deixar de agradecer aos que de uma forma ou de outra contribuíram e me apoiaram não só ao longo de todo o curso mas em particular na realização deste trabalho. À minha orientadora, a Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho, o meu profundo agradecimento pelos conhecimentos que me transmitiu, por toda a disponibilidade e preocupação que sempre demonstrou durante a elaboração deste trabalho;

Ao Professor Fernando Manuel Brandão Alves e à Cooperativa Sache, que gentilmente me possibilitaram a incorporação de um caso prático no meu trabalho ao cederem-me informações relativas ao Conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”.

À minha família pelo apoio que sempre me deu ao longo do meu percurso escolar.

À Mónica, pela compreensão, pelo entusiasmo e principalmente pelo carinho com que sempre me tratou e me incentivou para realização deste trabalho;

Por fim aos meus pais e irmã, sem dúvida que sem eles nada disto seria possível. A eles o meu muito obrigado pelas palavras de carinho que sempre tinham para me dar nos momentos mais difíceis que tive ao longo da minha vida de estudante.



## **RESUMO**

Nos dias que correm, cada vez mais se fazem sentir os sintomas de um planeta poluído e degradado. Grande parte dessa poluição e degradação é causada pelo sector da construção, e como tal, surgem continuamente regulamentos direcionados a esse setor provenientes dos maiores organismos mundiais, como é o caso da União Europeia (UE). Estes procuram melhorar a qualidade quer das construções novas, quer das já existentes, essencialmente do ponto de vista energético, de forma a permitir uma poupança de energia na satisfação das necessidades energéticas e, consequentemente, uma menor emissão de gases de efeito de estufa (GEE) para a atmosfera, que tanto prejudicam o planeta.

A UE está empenhada em mudar a situação de insucesso do ponto de vista energético relativamente à construção, sendo que a 19 de Maio de 2010 publicou a diretiva 2010/31/EU, que exige que a partir de 31 de Dezembro de 2020 todos os edifícios novos e todas as grandes reabilitações de edifícios já existentes na União Europeia incorporem o conceito de NZEB (Net/Nearly Zero Energy Building). Este conceito diz respeito a um balanço anual nulo entre as necessidades energéticas e a produção de energia que deve ser conseguida a partir de fontes renováveis, não emitindo gases poluentes para a atmosfera.

Englobando os factos mencionados anteriormente, o presente trabalho teve como objetivo verificar se a aplicação do conceito de NZEB na reabilitação é viável nos países da Europa do Sul. Nesta zona geográfica atravessa-se atualmente uma crise económica, de tal forma que não existem fundos significativos para a reabilitação dos edifícios. Adicionalmente, o clima nessas regiões é muito menos severo comparativamente à Europa do Norte, necessitando de menos energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento.

A crise que se atravessa na Europa, nomeadamente nos países do Sul, afeta de forma crítica a construção e, como tal, a abordagem do conceito no presente trabalho não foi direcionada apenas a um edifício, mas sim a um conjunto de edifícios, pois devido à escassez de fundos torna-se mais lógico fazer a reabilitação em grande escala em detrimento de um edifício por si só, buscando economia de escala. Considerando o que foi mencionado anteriormente, no desenvolvimento deste documento apresenta-se um conjunto de técnicas que possibilitam a redução das necessidades de conjuntos habitacionais de forma a obter um consumo de energia quase ou até mesmo nulo. Para além disso, apresenta-se ainda um caso de estudo prático no qual se pretendeu alcançar o conceito Net/Nearly Zero Energy num conjunto habitacional localizado no distrito do Porto (Portugal).

**PALAVRAS-CHAVE:** NZEB, Eficiência Energética, Diretiva 2010/31/UE, Reabilitação Urbana, Energias Renováveis





## **ABSTRACT**

Nowadays, the effects associated with a polluted and degraded planet are often perceived. A significant part of this pollution and degradation is caused by the construction sector. Accordingly, important organisms in the world, such as European Union (EU), continuously create regulations directed to this sector in order to improve the quality of the old and new constructions, essentially in the energetic point of view, to allow energy savings associated with the satisfaction of the energetic needs of the consumers and, consequently, to reduce the emission of greenhouse gases (GHG) to the atmosphere, which are harmful for the planet.

The EU is putting efforts in changing the unsuccessful situation regarding the energetic point of view associated with the construction. Thus, in 19th of May of 2010 published the directive 2010/31/EU that demands that from 31 of December of 2020 all of the new buildings and all of the large scale rehabilitations of buildings existing in EU must incorporate the NZEB concept (Net/Nearly Zero Energy Building). This concept refers to an annual null balance between the annual energy requirements and the production of energy that must be achieved from renewable sources not emitting pollutant gases into the atmosphere.

Considering the facts mentioned above, this study aimed to verify the feasibility of the application of the NZEB concept in the rehabilitation in the countries of southern Europe. Since in this geographical area is currently installed an economic crisis, there are no significant funds for the rehabilitation of buildings. Additionally, the climate in these regions is much less severe compared to Northern Europe, requiring less energy to meet the energy needs of heating.

The crisis verified in the southern countries Europe affects the construction in a critical way. Therefore, the concept developed in this study was not directed to a single building, but to a set of buildings, because due to the scarcity of funds it becomes more logical to perform the rehabilitation on a large scale instead of a single building, seeking economies of scale. Considering what was stated previously, in this document is presented a set of techniques that enable the reduction of housing complexes needs to obtain a power consumption almost or even null. Additionally, it is presented also a practical case study in which it was intended to achieve the NZEB concept in a housing complex located in the district of Oporto (Portugal).

**KEYWORDS:** NZEB, Energy Efficiency, Diretive 2010/31/EU, Urban Rehabilitation, Renewable Energy



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO .....	2
<b>2. NZEB E O CLIMA MEDITERRÂNICICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO NZEB .....	3
2.2. DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE NZEC .....	5
2.3. LEGISLAÇÃO EUROPEIA .....	7
2.4. LEGISLAÇÃO NACIONAL .....	8
2.5. CLIMA MEDITERRÂNICICO .....	10
2.6. HÁBITOS DE AQUECIMENTO DAS POPULAÇÕES NA EUROPA DO SUL .....	11
<b>3. ESTRATÉGIAS E TECNOLOGIAS PARA ALCANÇAR OS NZEB – O PARADIGMA DA REABILITAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
3.1. REDUÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS .....	14
3.1.1. TECNOLOGIAS: OTIMIZAÇÃO DA ENVOLVENTE .....	14
3.1.1.1. Inércia térmica .....	14
3.1.1.2. Vãos envidraçados .....	16
3.1.2. ESTRATÉGIAS: SISTEMAS PASSIVOS .....	18
3.1.2.1. Sistemas passivos de arrefecimento .....	19
3.1.2.2. Sistemas passivos de aquecimento .....	22
3.1.3. SISTEMAS EFICIENTES .....	24
3.1.3.1. Iluminação .....	24
3.1.3.2. Equipamentos .....	24
3.1.4. INTEGRAÇÃO URBANA: PARTILHA DE ENERGIA PRODUZIDA .....	25
3.2. TECNOLOGIA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA .....	25

3.2.1. ENERGIA SOLAR .....	25
3.2.1.1. Energia fotovoltaica .....	26
3.2.1.2. Energia solar térmica .....	27
3.2.2. ENERGIA EÓLICA .....	28
3.2.3. ENERGIA GEOTÉRMICA .....	29
3.2.4. BIOMASSA.....	29

## **4. NZEB REALIZADOS PELO MUNDO .....**

31

### **4.1. PROJETO "BEDZED" .....**

31

#### 4.1.1. INTRODUÇÃO .....

31

#### 4.1.2. ESTRATÉGIAS UTILIZADAS .....

31

#### 4.1.3. TECNOLOGIA APLICADA .....

32

#### 4.1.4. RESULTADOS.....

33

### **4.2. PROJETO "WEST VILLAGE" .....**

33

#### 4.2.1. INTRODUÇÃO .....

33

#### 4.2.2. ESTRATÉGIAS UTILIZADAS .....

34

#### 4.2.3. TECNOLOGIA APLICADA .....

34

#### 4.2.4. RESULTADOS OBTIDOS.....

34

## **5. CASO DE ESTUDO: "Cooperativa Sache- 2ª Fase" .....**

35

### **5.1. CARATERIZAÇÃO DO CONJUNTO HABITACIONAL.....**

35

#### 5.1.1. IMPLANTAÇÃO.....

35

#### 5.1.2. ARQUITETURA .....

36

#### 5.1.3. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS.....

39

#### 5.1.4. OCUPAÇÃO.....

40

### **5.2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO CONJUNTO HABITACIONAL .....**

41

#### 5.2.1. INQUÉRITO REALIZADO AOS MORADORES .....

41

##### 5.2.1.1. Objetivo e conteúdo .....

41

##### 5.2.1.2. Resultados .....

41

#### 5.2.2. METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS: FOLHA DE CÁLCULO .....

44

#### 5.2.3. QUANTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS .....

46

##### 5.2.3.1. Análise dos apartamentos .....

46

##### 5.2.3.2. Introdução de dados na folha de cálculo .....

48

5.2.3.3. Resultados.....	54
5.2.2.4. Comparação das necessidades energéticas de aquecimento calculadas com as necessidades de aquecimento reais .....	56

## **6. Reabilitação energética do Conjunto Habitacional: “Cooperativa Sache- 2ª Fase” .....**

59

### **6.1. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO .....**

59

#### 6.1.1. PROPOSTA 1: COLOCAÇÃO DE TETO FALSO COM ISOLAMENTO TÉRMICO NAS GARAGENS .....

61

#### 6.1.2. PROPOSTA 2: INJEÇÃO DE MATERIAL ISOLANTE NA FACHADA DOS EDIFÍCIOS .....

64

#### 6.1.3. PROPOSTA 3: SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO ATUAL POR ILUMINAÇÃO LED.....

67

#### 6.1.4. PROPOSTA 4: SUBSTITUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ATUAIS POR EQUIPAMENTOS MAIS EFICIENTES .....

68

#### 6.1.5. PROPOSTA 5: INSTALAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES.....

70

##### 6.1.5.1. Proposta 5.1: Instalação de um sistema solar térmico .....

71

##### 6.1.5.2. Proposta 5.2: Instalação de um sistema solar fotovoltaico .....

73

### **6.2. VIABILIDADE DA PROPOSTA.....**

75

## **7. Conclusões e desenvolvimentos futuros.....**

77

### **7.1. CONCLUSÕES .....**

77

### **7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....**

78

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....**

79

## **ANEXOS .....**

82



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Conceito Net/Nearly Zero Energy .....	3
Fig. 2 - Casa Solar de Massachusetts, EUA .....	4
Fig. 3 – Net/Nearly Zero Energy Community – West Village .....	5
Fig. 4 - Incorporação de painéis fotovoltaicos em coberturas de estacionamentos .....	6
Fig. 5 - Objetivo EPBD .....	7
Fig. 6 - Classes energéticas dos edifícios novos e existentes.....	10
Fig. 7 - Consumo energético, de países da UE, no aquecimento .....	11
Fig. 8 - Etapas para alcançar o conceito NZEB em edifícios.....	13
Fig. 9 - Redução das necessidades energéticas .....	14
Fig. 10 - Identificação dos elementos construtivos para o cálculo da inércia térmica interior.....	15
Fig. 11 - Definição de fator solar .....	17
Fig. 12 – Sistema de ventilação natural .....	19
Fig. 13 - Sistema de arrefecimento pelo solo.....	20
Fig. 14 - Sombreamento com recurso a vegetação .....	21
Fig. 15 - Sistema de ganho direto .....	22
Fig. 16 - Sistema de ganho indireto (Parede de Trombe).....	23
Fig. 17 - Etiqueta energética .....	25
Fig. 18 - Painel solar constituído por 6 módulos fotovoltaicos .....	26
Fig. 19 - Esquema de um coletor solar térmico .....	27
Fig. 20 - Sistemas solares térmicos - Termossifão à esquerda e Sistema de circulação forçada à direita).....	27
Fig. 21 - Aerogerador .....	28
Fig. 22 - Mini aerogerador .....	29
Fig. 23 – NZEC - BedZED .....	33
Fig. 24 – NZEC - West Village .....	34
Fig. 25 - Localização do conjunto habitacional em estudo .....	35
Fig. 26 - Planta do rés-do-chão.....	36
Fig. 27 – Planta do 1º Piso .....	36
Fig. 28 – Planta do 2º Piso .....	37
Fig. 29 – Alçado pela rua .....	37
Fig. 30 – Alçado pelo logradouro .....	37
Fig. 31 – Corte transversal AA' .....	38

Fig. 32 – Corte transversal BB' .....	38
Fig. 33 – Corte transversal CC' .....	38
Fig. 34 – Desenho de pormenor das paredes exteriores .....	39
Fig. 35 – Desenho de pormenor do piso térreo .....	39
Fig. 36 – Desenho de pormenor da cobertura .....	39
Fig. 37 – Desenho de pormenor das lajes intermédias .....	40
Fig. 38 – Tipo de ocupação do apartamento .....	41
Fig. 39 – Tipo de equipamento utilizado no arrefecimento do ambiente interior .....	42
Fig. 40 – Tipo de equipamento utilizado no aquecimento do ambiente interior .....	42
Fig. 41 – Sistema de ventilação utilizado .....	43
Fig. 42 – Tipo de equipamento utilizado na obtenção de AQS .....	43
Fig. 43 – Vista aérea do Conjunto habitacional – Cooperativa Sache 2ª Fase .....	46
Fig. 44 – Levantamento dimensional da fração .....	48
Fig. 45 – Introdução de dados que caracterizam a envolvente exterior .....	49
Fig. 46 – Introdução de dados do tipo de vidro e respetivo coeficiente de transição térmica .....	49
Fig. 47 – Introdução de dados da área envidraçada e respetiva orientação de cada compartimento ..	50
Fig. 48 – Introdução de dados I acerca de pavimentos térreos .....	50
Fig. 49 – Introdução de dados II acerca de pavimentos térreos .....	50
Fig. 50 – Introdução de dados acerca de pontes térmicas lineares exteriores .....	51
Fig. 51 – Introdução de dados acerca de espaços não-úteis .....	52
Fig. 52 – Introdução de dados que caracterizam a envolvente interior .....	52
Fig. 53 – Introdução de dados referentes aos pavimentos interiores .....	53
Fig. 54 – Introdução de dados referentes à ventilação .....	53
Fig. 55 – Resultados obtidos através da folha de cálculo .....	54
Fig. 56 – Consumo real de energia do apartamento 1 do edifício A1 para o ano de 2014 .....	57
Fig. 57 – Consumo energético para satisfação das necessidades energéticas de aquecimento do apartamento 1 do edifício A1 no ano de 2014 .....	57
Fig. 58 – Sistema a instalar no teto das garagens .....	61
Fig. 59 – Técnica de injeção de material isolante no interior de elementos construtivos, pelo lado exterior .....	64
Fig. 60 – Sistema solar térmico proposto .....	72
Fig. 61 – Sistema fotovoltaico proposto .....	73



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes definições de NZEB .....	4
Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência.....	9
Tabela 3 – Classes de inércia térmica interior .....	16
Tabela 4 - Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados ( $g_{Tmax}$ ) .....	18
Tabela 5 – Comparação de lâmpadas incandescentes com lâmpadas de baixo consumo.....	24
Tabela 6 - Coeficiente de transmissão térmica dos elementos .....	32
Tabela 7 – Balanço energético do projeto BedZED.....	33
Tabela 8 - Coeficientes de transmissão térmica dos elementos .....	40
Tabela 9 – Número de apartamentos e habitantes do conjunto habitacional em estudo.....	40
Tabela 10 - Coeficientes de redução de perdas de espaços não úteis ( $b_{tr}$ ) .....	51
Tabela 11 – Resultados para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6 .....	55
Tabela 12 - Resultados para os apartamentos dos edifícios A2 e A5 .....	55
Tabela 13 – Resultados para os apartamentos dos edifícios B1 e B2 .....	56
Tabela 14 - Estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento dos apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6 .....	60
Tabela 15 – Estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento dos apartamentos dos edifícios A2 e A5 .....	60
Tabela 16 - Estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento dos apartamentos dos edifícios B1 e B2 .....	61
Tabela 17 – Resultados da aplicação da proposta 1 para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6 .....	62
Tabela 18 - Resultados da aplicação da proposta 1 para os apartamentos dos edifícios A2 e A5 .....	63
Tabela 19 – Resultados da aplicação da proposta 1 para os apartamentos dos edifícios B1 e B2.....	63
Tabela 20 – Custos e poupança associados à execução da proposta 1 .....	64
Tabela 21 – Resultados da aplicação da proposta 2 para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6 .....	65
Tabela 22 - Resultados da aplicação da proposta 2 para os apartamentos dos edifícios A2 e A5 .....	65
Tabela 23 - Resultados da aplicação da proposta 2 para os apartamentos dos edifícios B1 e B2 .....	66
Tabela 24 – Custos e poupança associados à execução da proposta 2 .....	66
Tabela 25 – Custos e poupança associados à execução da proposta 3 .....	67
Tabela 26 - Resultados da aplicação da proposta 4 para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6 .....	68
Tabela 27 – Resultados da aplicação da proposta 4 para os apartamentos dos edifícios A2 e A5.....	68

Tabela 28 - Resultados da aplicação da proposta 4 para os apartamentos dos edifícios B1 e B2.....	69
Tabela 29 – Custos associados à execução da proposta 4.....	69
Tabela 30 – Poupança associada à execução da proposta 4 .....	70
Tabela 31 - Necessidades de AQS .....	71
Tabela 32 - Valores referentes à execução da proposta 5.1 .....	72
Tabela 33 – Custos associados à execução da Proposta 5.1 .....	73
Tabela 34 - Valores referentes à execução da proposta 5.2 .....	74
Tabela 35 - Custos associados à execução da Proposta 5.2 .....	74
Tabela 36 – Análise económica da intervenção.....	75
Tabela 37 - Poupança anual resultante da intervenção.....	75

## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

$A_p$  – área útil de pavimento [ $m^2$ ]

$b_{tr}$  – coeficiente de redução de perdas de espaços não úteis

$g_T$  – fator solar do envidraçado

$g_{Tmáx}$  – fator solar máximo do envidraçado

$I_t$  – inércia térmica [ $kg/m^2$ ]

$M_{Si}$  – massa superficial útil do elemento  $i$  [ $kg/m^2$ ]

$r_i$  – fator de correção do revestimento superficial

$S_i$  – área da superfície interior do elemento  $i$  [ $m^2$ ]

$U$  - coeficiente de transmissão térmica [ $W/(m^2\text{C})$ ]

$U_{ref}$  - coeficiente de transmissão térmica de referência [ $W/(m^2\text{C})$ ]

$U_{wdn}$  - coeficiente de transmissão térmica médio dia/noite do envidraçado [ $W/(m^2\text{C})$ ]

ADENE – Agencia para a Energia

AQS – Água Quente Sanitária

BedZED – Beddington Zero Energy Development

DGGE –Direção Geral de Geologia e Energia

EPBD – Energy Performance of Building Directive

EUA – Estados Unidos da América

GEE – Gases de Efeito de Estufa

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NZEB – Net/Nearly Zero Energy Buildings

NZEC - Net/Nearly Zero Energy Community

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios

UE – União Europeia

ZEB -- Zero Energy Buildings

Fig - Figura



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

Os seres humanos sempre utilizaram os recursos existentes no planeta para a realização das suas atividades, como por exemplo, caçar e pescar para se alimentar e utilizar a energia solar para se aquecer e para os fins de iluminação. Porém, com o passar dos tempos, o número de habitantes do planeta ganhou outra dimensão e as atividades que outrora não apresentavam perigo eminente para a Terra passaram a apresentar devido à excessiva utilização dos recursos. Para além disso também o excessivo desenvolvimento em diversos sectores, nomeadamente a construção e a indústria tem vindo a gerar graves impactes, sendo que o mais grave diz respeito ao aquecimento global.

De facto o setor da construção, que neste momento se encontra ainda expansão, representa na UE um consumo de 40 % da energia total, valor esse que poderá ainda aumentar se nada for feito. Para se evitar esse aumento do consumo de energia por parte do sector procura-se cada vez mais o desenvolvimento de edifícios energeticamente eficientes incorporando estratégias e tecnologias que permitam a redução das necessidades energéticas destes e ainda que permitam a produção de energia para satisfazer essas necessidades e conseguida através de fontes renováveis. Esta medida traria de facto inúmeras vantagens não apenas do ponto de vista da poupança de energia mas também no que diz respeito às questões ambientais, pois seriam emitidos para a atmosfera menos gases com efeito de estufa, e questões económicas permitindo às populações reduzirem os gastos de energia que nos dias de hoje se torna tao importante devido à crise mundial que se atravessa [1].

Na UE esta situação está a receber bastante atenção e foi publicado a 19 de Maio de 2010 uma diretiva na qual é exigido que a partir de 31 de Dezembro de 2020 todos as construções quer de edifícios novos quer de grandes reabilitações terão de ter em conta os fatores descritos no parágrafo anterior, ou seja, terão de incorporar o conceito que recebe o nome de NZEB (Net/Nearly Zero Energy Building) que se trata portanto de um balanço energético nulo entre as necessidades energéticas dos edifícios e a produção de energia alcançada através de fontes renováveis. A UE prevê que com a incorporação deste conceito no setor da construção seja possível reduzir de 75% a 85% o consumo de energia no setor [1].

### 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho, para além do seu objetivo principal que visa analisar a viabilidade da aplicação do conceito NZEB à reabilitação de conjuntos habitacionais em países do Sul da Europa tem como objetivos secundários:

- Analisar estratégias e tecnologias que permitam alcançar o conceito Net/Nearly Zero Energy quando perante um cenário de reabilitação

- Fazer a comparação das necessidades energéticas de aquecimento obtidas através de uma ferramenta de cálculo para um edifício real com as necessidades energéticas de aquecimento que são na realidade satisfeitas pelos moradores desse mesmo edifício;
- Tentativa de aplicar as estratégias e tecnologias referidas anteriormente a um estudo de caso real e a respetiva interpretação e análise dos resultados obtidos.

### 1.3. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho encontra-se organizado, para além do presente capítulo no qual é feita uma breve introdução acerca dos conteúdos que englobam esta dissertação, em mais seis capítulos.

No capítulo 2, NZEB e o clima mediterrânico, é feita uma abordagem da evolução do conceito *Net/Near Zero Energy Buildings* e da legislação quer a Europeia quer de Portugal aplicada aos conceitos que este documento aborda. Para além disso é feita uma abordagem ao clima e aos hábitos de aquecimento das populações do Sul da Europa, por ser esta parte do globo que se aborda neste trabalho.

No capítulo 3, estratégias e tecnologias para alcançar os NZEB são apresentadas com detalhe, as características que os edifícios devem ter para poderem conseguir ter necessidades energéticas zero (ou quase zero). Essas características englobam principalmente aquelas que devem apresentar a envolvente exterior e interior, sistemas de aproveitamento solar passivos, sistemas eficientes no que diz respeito à iluminação e aos equipamentos e ainda sistemas de produção de energia, capazes de satisfazer as necessidades energéticas, através de fontes renováveis e limpas.

No capítulo 4, NZEB realizados pelo mundo, é feita uma análise de obras com necessidades energéticas nulas já realizadas.

No capítulo 5, caso de estudo: “Cooperativa Sache- 2ª Fase” é analisado um conjunto habitacional, localizado no distrito do Porto que serviu de objeto de estudo neste trabalho.

No capítulo 6, proposta de intervenção no conjunto habitacional: “Cooperativa Sache- 2ª Fase”, é apresentada uma proposta de intervenção e a respetiva viabilidade para o conjunto habitacional apresentado no capítulo anterior de modo a que este consiga ser referenciado como um *Net/Near Zero Energy*.

Por fim, no capítulo 7, é apresentada a discussão final do trabalho onde se apresentam os comentários finais e propostas para a realização de trabalhos futuros.

Em Anexos apresenta-se informação adicional que complementa o trabalho desenvolvido.

## 2

## NZEB E O CLIMA MEDITERRÂNICO

### 2.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO NZEB

Atualmente, nos países membros da OCDE, cerca de 40% da energia total é consumida pelo setor dos edifícios, o que representa valores bastante elevados. Por este motivo, cada vez mais sente-se a necessidade de projetar os edifícios de modo a que estes sejam dotados de técnicas e estratégias eficientes e sustentáveis no que diz respeito quer à produção da sua própria energia quer na minimização das necessidades energéticas a que estão sujeitos [1].

Devido a esta necessidade da poupança de energia no sector, surge associado à construção o conceito de NZEB que pode ser interpretado como *Net-Zero Energy Buildings* ou *Nearly-Zero Energy Buildings* que indicam, respetivamente, edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo. Numa forma simplificada o conceito NZEB, como mostra a figura 1, não é mais do que um balanço nulo (ou quase nulo) entre as necessidades energéticas do edifício e a energia produzida por este, essencialmente através de fontes renováveis [2].

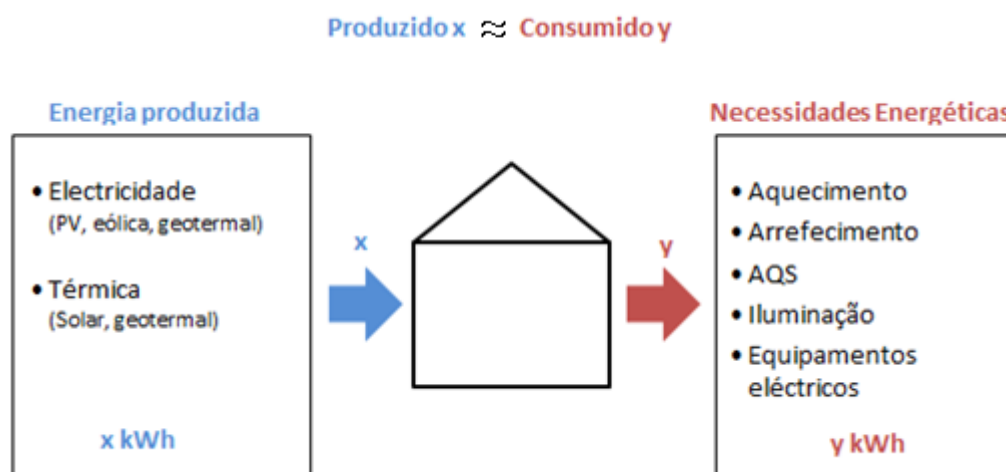


Fig. 1 – Conceito Net/Nearly Zero Energy (Adaptado de [2])

Apesar de nos dias de hoje se dar mais importância ao conceito NZEB e de haver uma maior preocupação de o incorporar quer nas novas construções quer nas construções a reabilitar este já não é recente, sendo que não se sabe com exatidão qual foi o primeiro *Net/Nearly Zero Energy Buildings* a ser construído. Tudo indica que os pioneiros da aplicação deste conceito foram os EUA com a construção da primeira casa solar no ano de 1939 em Massachusetts, representada na figura 2 [3].



Fig. 2 – Casa Solar de Massachusetts, EUA

Para além disso no final da década dos anos 70, quando os EUA atravessavam uma crise energética e petrolífera, começou a fazer-se sentir a necessidade da obtenção de energia por meio de outra fonte que não o petróleo e da obtenção de um balanço energético zero. Este facto comprova-se pela publicação de alguns artigos usando frases como ‘zero energy house’, ‘a neutral energy autonomous house’ ou ‘an energy-independent House’ no âmbito das tecnologias de eficiência energética e soluções passivas implementadas nos edifícios [3] [4] [5].

Depois destas publicações outras se seguiram, contudo o conceito NZEB, em cada uma delas, era definido de diferentes formas até que em 2006, Torcellini, et al., de forma a simplificar a abordagem do conceito apresentam uma definição geral, que se encontra em utilização pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) definindo que: “*Um NZEB é um edifício residencial ou comercial com necessidades de energia reduzidas através de ganhos eficientes, de modo que essas necessidades energéticas possam ser satisfeitas através de energias renováveis*” [5].

Esta definição proposta por Torcellini, et al. não é no entanto limitadora do conceito uma vez que pode ser definida de diversas formas apresentadas, simplificadamente, na tabela 1 [4] [5] [6].

Tabela 1 – Diferentes definições de NZEB (Adaptado de [6])

Definição	Conceito
Net- Zero Site Energy	<p>Produz, pelo menos, tanta energia quanto a que necessita ao longo do ano, energia essa que é produzida através de fontes renováveis e contabilizada no local da produção.</p> <p>Esta definição não implica que o edifício seja completamente independente da rede, por exemplo se no inverno o edifício consome da rede x kWh de eletricidade, no verão terá de conseguir produzir a mais esses mesmos x kWh para exportar para a rede ficando assim com o balanço energético nulo.</p>
Net-Zero Energy Cost	<p>A conta da energia do edifício terá de ser igual a zero ou ainda, num cenário mais positivo, terá de ser inferior ao valor de venda. Isto é, o custo associado à compra da energia à rede para satisfazer as necessidades energéticas do edifício terá de ser menor ou igual ao custo de venda à rede da energia</p>



	produzida pelo edifício ao longo do ano.
Net-Zero Source Energy	À semelhança do Net-Zero Site Energy produz, pelo menos tanta energia (através de fontes renováveis) quanto a que necessita ao longo do ano, contudo essa energia ao contrário do que acontece com a definição do Net-Zero Site Energy é contabilizada na fonte de produção. No cálculo total da energia do edifício, é contabilizada a energia primária útil para a produção dessa mesma energia utilizando os devidos fatores de conversão. Por exemplo: um edifício consome da rede x kWh de uma fábrica de carvão, sendo o fator de conversão do local para a fonte de 3,37 o edifício terá que exportar para a rede aproximadamente um terço da quantidade de energia que importou desta.
Net-Zero Energy Emissions	Produção e exportação, ao longo do ano, suficiente de energia sem emissões de GEE capazes de compensar a energia obtida a partir de combustíveis que não evitam a libertação desses mesmos gases.

## 2.2. DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE NZEC

Como se sabe instalou-se uma crise económica a nível mundial que afeta também os países da Europa do Sul, como por exemplo, Portugal, Espanha e Grécia, que são objeto de estudo neste trabalho. Devido a esta crise facilmente se percebe que os incentivos públicos para a reabilitação de edifícios tendem a diminuir e por isto surge o ideal de que os edifícios não devem ser reabilitados individualmente, mas sim como um todo, englobados num sistema.

Este conceito de reabilitar edifícios em conjunto integrando um grande sistema é ainda muito recente e como tal ainda existem poucos estudos no que diz respeito a este conceito. Apesar de tudo, e como veremos mais adiante neste documento, existem já algumas obras realizadas como é o caso de “West Village” realizado nos EUA e representado da figura 3.



Fig. 3 – Net Zero Energy Community – West Village [7]

De facto nos EUA existe já um grande avanço no que diz respeito a este conceito a que eles denominam de NZEC, Net Zero Energy Community. Segundo o National Renewable Energy Laboratory um NZEC é: *“Uma comunidade com reduzidas necessidades energéticas conseguida através de ganhos de eficiência de tal modo que o balanço energético de veículos e energias térmicas e elétricas dentro da comunidade são alcançadas através de energias renováveis.”* [8].

Existe uma grande diferença sobre quais as metas a alcançar quando se esta perante um NZEB, ou seja perante um único edifício, ou quando se está perante um NZEC que diz respeito ao conjunto de vários edifícios que formam uma comunidade. Perante um NZEB os grandes objetivos a alcançar, como já foi referido anteriormente, são a minimização ao máximo das necessidades energéticas do edifício e a produção de energia suficiente, produzida através de fontes renováveis, para satisfazer essas necessidades. No que diz respeito à obtenção de um NZEC para além dos objetivos mencionados anteriormente para os NZEB, deve ainda ter-se em consideração a energia utilizada para a iluminação pública (que constitui uma parcela muito pequena) e a energia utilizada para o transporte que permita a mobilidade diária dos habitantes que habitam no conjunto habitacional [9].

Pelo facto de um NZEC ser uma integração onde os edifícios são analisados como um todo e não individualmente também o saldo da energia é interpretado da mesma forma, o que faz com que a quantidade de sistemas que produzem essa mesma energia por vezes tenha de ser incorporado de uma forma não tão habitual, ou seja não nas coberturas dos edifícios, mas sim e como mostra a figura 4, por exemplo em coberturas de parques de estacionamento [9].



Fig. 4 – Incorporação de painéis fotovoltaicos em coberturas de estacionamentos [10]

No Verão a produção de energia é superior às necessidades pelo facto de ser a estação em que menos energia se consome e na qual a produção desta através de painéis fotovoltaicos é maior. Por este facto, de forma a evitar desperdícios de energia, a rede do NZEC deve estar ligada à rede pública fornecendo-lhe a energia em excesso [9].

### 2.3. LEGISLAÇÃO EUROPEIA

A 19 de Maio de 2010 foi aprovada, depois de inicialmente proposta em Novembro de 2008 e de ao longo de 2009 passar pelo processo de aprovação do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, uma alteração à Diretiva de 2002 com vista a reforçar os requisitos de desempenho energético dos edifícios. Esta nova proposta, Diretiva 2010/31/UE (EPBD), confirma e realça a importância de uma implementação de medidas de eficiência energética nos edifícios bem como o compromisso a longo prazo quer por parte da comunidade dos Estados-Membros quer da própria Comissão Europeia em apoiar esta implementação [11].

Com a implantação da Diretiva 2010/31/UE (EPBD), Energy Performance of Buildings Directive, a Comissão Europeia em conjunto com os Estados-Membros pretendem alcançar os objetivos representados na figura 5.

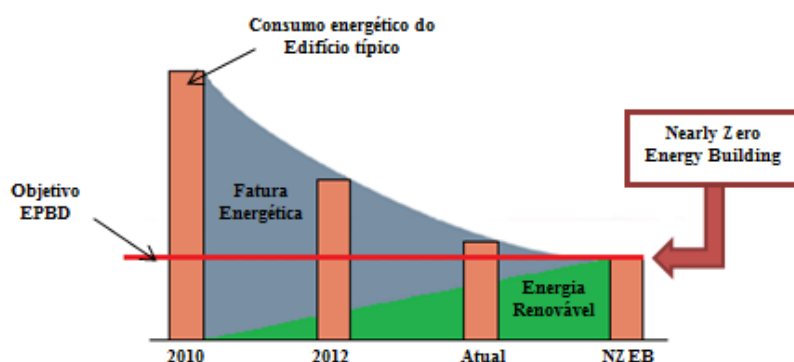


Fig. 5 – Objetivo EPBD (Adaptado de [15])

De uma forma resumida as medidas para alcançar os Nearly-Zero Energy Building descritas na Diretiva 2010/31/UE são [11]:

- Os novos edifícios, construídos na UE, terão a partir do dia 31 de Dezembro de 2020 de ter necessidades energéticas quase nulas e a energia para as satisfazer terá de ser obtida através de fontes renováveis;
- Após o dia 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos que forem ocupados por entidades públicas ou que pertençam a estas terão, tal como no ponto anterior, que possuir necessidades energéticas quase nulas;
- Um edifício de baixas necessidades energéticas passa agora a receber a designação de *Net/Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB). Nestes edifícios as quantidades quase nulas de energia necessária deverão ser conseguidas na sua totalidade ou quase totalidade por energias renováveis, produzida no local ou nas proximidades deste;
- No que diz respeito à renovação/reabilitação de edifícios existentes não existe uma meta específica contudo o setor privado dos Estados-Membros deverá seguir o exemplo do sector público desenvolvendo igualmente políticas e tomar medidas de forma a estimular a transformação dos edifícios reabilitados em edifícios com necessidades energéticas muito baixas;
- Para todas as renovações e reabilitações serão apresentados requisitos mínimos para os seus componentes;

- É introduzida uma metodologia de cálculo harmonizada com o intuito de elevar os requisitos mínimos do desempenho energético para obter custos otimizados. É obrigatória a justificação, por parte dos Estados-Membros, à Comissão Europeia caso exista uma lacuna que ultrapasse em 15% os níveis ótimos de rentabilidade para os valores calculados através da metodologia já referida;
- É obrigatório por parte dos Estados-Membros não só possuir um procedimento mais detalhado e rigoroso para a emissão de certificados energéticos (obrigatório para novos edifícios, venda e aluguer de edifícios existentes) mas também fazer um controle da verificação da certificação do desempenho;
- Os Estados-Membros são obrigados a prever sanções em caso de incumprimento, que serão criadas pelos anteriores devendo ser eficazes, proporcionadas e dissuasivas sendo ainda obrigatório a sua apresentação ser feita à Comunidade Europeia;
- Como a maioria dos edifícios (ou frações) possui menos de 1000 m<sup>2</sup> de área útil, todas as renovações passam a ser abrangidas desaparecendo o limite de mais de 1000m<sup>2</sup>. Ou seja, com a Diretiva 2010/31/UE (EPBD) passa a ser exigida certificação energética, em 2012 para renovações com o mínimo de 500m<sup>2</sup> e em 2015 para um mínimo de 250m<sup>2</sup>.

## **2.4. LEGISLAÇÃO NACIONAL**

Em Portugal, esta preocupação que existe em reduzir as necessidades energéticas e em consumir cada vez menos energia produzida por fontes renováveis já não é de agora. Desde 1990, com a elaboração do Decreto-Lei 40/90, que existe uma preocupação com a qualidade da construção em termos energéticos. Essas preocupações foram ganhando mais importância e no ano de 2006 ocorre uma grande mudança no que diz respeito à legislação nacional com a publicação de três Decretos-Lei:

- Decretos-Lei 78/2006 de 4 de Abril, no qual é aprovado o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos edifícios (SCE);
- Decretos-Lei 79/2006 de 4 de Abril, no qual é aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização nos Edifícios (RSECE);
- Decretos-Lei 80/2006 de 4 de Abril, no qual é aprovado o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Mais tarde, depois da aprovação da Diretiva 2010/31/UE (EPBD), as preocupações nacionais com a redução das necessidades energéticas dos edifícios e consequente diminuição do consumo energético por parte destes ganharam ainda mais relevância e eis que no ano de 2013 surge a publicação do Decreto-Lei 118/2013 que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) [12].

Uma das grandes preocupações nacionais no Decreto-Lei 118/2013 foi limitar ainda mais os coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados diminuindo desta forma as necessidades energéticas dos edifícios. Na tabela 2 apresentam-se os limites regulamentares presentes nesse mesmo decreto na Portaria nº 349-B/2013.

Tabela 2 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência [13]

U <sub>ref</sub> [W/(m <sup>2</sup> .°C)]		Zona Climática					
Portugal Continental							
Zona corrente da envolvente		Com a entrada em vigor do presente Regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b <sub>tr</sub> >0.7	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
com coeficiente de redução de perdas b <sub>tr</sub> ≤0.7	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas) (U <sub>w</sub> )		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		
Regiões Autónomas							
Zona corrente da envolvente		Com a entrada em vigor do presente Regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
em contacto com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b <sub>tr</sub> >0.7	Elementos opacos verticais	0,80	0,65	0,50	0,80	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,55	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35
em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas b <sub>tr</sub> ≤0.7	Elementos opacos verticais	1,60	1,50	1,40	1,50	1,40	1,30
	Elementos opacos horizontais	1,00	0,90	0,80	0,85	0,75	0,65

Vãos envidraçados (portas e janelas) (Uw)	2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo	0,50		0,50			

De salientar que, associada à tabela anterior, existe uma nota que dá conta de que os requisitos de referência apresentados poderão ser progressivamente atualizados até 2020 incorporando estudos referentes ao custo-benefício ou níveis definidos para os edifícios de necessidades energéticas quase nulas.

Tal como já foi dito anteriormente o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) é parte integrante do Decreto-Lei 118/2013 sendo a sua fiscalização feita pela DGEG e a sua gestão feita pela ADENE. Como o SCE incorpora o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior (feita por peritos qualificados), é possível classificar casas, edifícios ou frações de acordo com o seu desempenho energético numa escala que vai desde A+ (classe mais eficiente) até ao G (classe menos eficiente). No que diz respeito aos novos edifícios estes terão que obter uma classe igual ou superior a B<sup>-</sup> [14].

No paradigma nacional, no ano de 2012, as classes energéticas dos edifícios certificados eram dispostas de acordo com a figura 6.

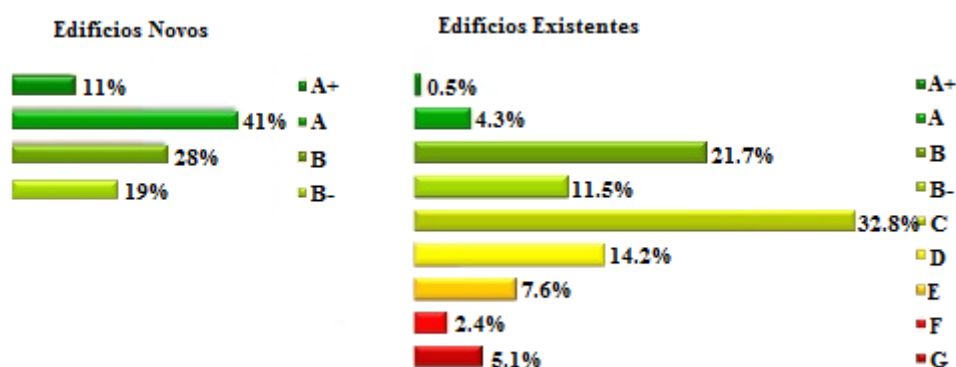


Fig. 6 – Classes energéticas dos edifícios novos e existentes [16]

As imposições do Decreto-Lei 118/2013 são aplicadas a todas as frações e edifícios destinados a habitação unifamiliar, a todos os edifícios de comércio e serviços que disponham de sistema de climatização centralizado para parte ou para a totalidade das suas frações, estando neste caso dispensadas de certificação as frações [14].

## 2.5. CLIMA MEDITERRÂNICICO

Para que a tomada de decisões no que diz respeito às tecnologias e estratégias de eficiência energética a adotar sejam feitas da melhor forma é necessário ter em conta um fator que apresenta uma grande influência, o clima, sobretudo em variantes como a temperatura, a velocidade do vento, a humidade, a insolação e a pressão.



Indo de encontro ao principal objetivo desta dissertação, que pretende avaliar a viabilidade da aplicação do conceito NZEB em países da Europa do Sul cujo clima é o mediterrânico sentiu-se a necessidade de fazer, ainda que sumariamente, uma caracterização deste.

De um modo geral o clima mediterrânico é caracterizado por Verões quentes e secos onde a atmosfera não apresenta perturbações sinópticas criando condições de céu limpo, sem nuvens que permitem muitos ganhos de calor durante o dia. Por outro lado o Inverno é caracterizado por perturbações ciclónicas e centros de baixas pressões que provocam a formação de nuvens e precipitação [17] [18].

No que diz respeito às temperaturas a região climática do Mediterrâneo é muito influenciada pela geomorfologia do território. Na zona Oeste, zona próxima ao oceano Atlântico, as temperaturas são afetadas pelas brisas marítimas sendo estas moderadas durante quase todo o ano, na zona Este as temperaturas, influenciadas pelo clima da Europa central e África, são comparativamente com as da zona Oeste mais quentes no Verão e mais frias no Inverno [17].

## 2.6. HÁBITOS DE AQUECIMENTO DAS POPULAÇÕES NA EUROPA DO SUL

Devido quer aos hábitos quer ao clima, falado já anteriormente, as populações da Europa do Sul nomeadamente de países como Portugal, Espanha, Itália e Grécia não sentem tanta necessidade de aquecer o interior das habitações como os países do Norte, uma vez que estas raramente atingem temperaturas muito inferiores às temperaturas de conforto dos seres humanos. De facto como se pode observar na figura 7, os países que apresentam clima mediterrânico consomem muito menos energia para o aquecimento quando comparado com países em que o clima apresenta temperaturas mais inferiores.

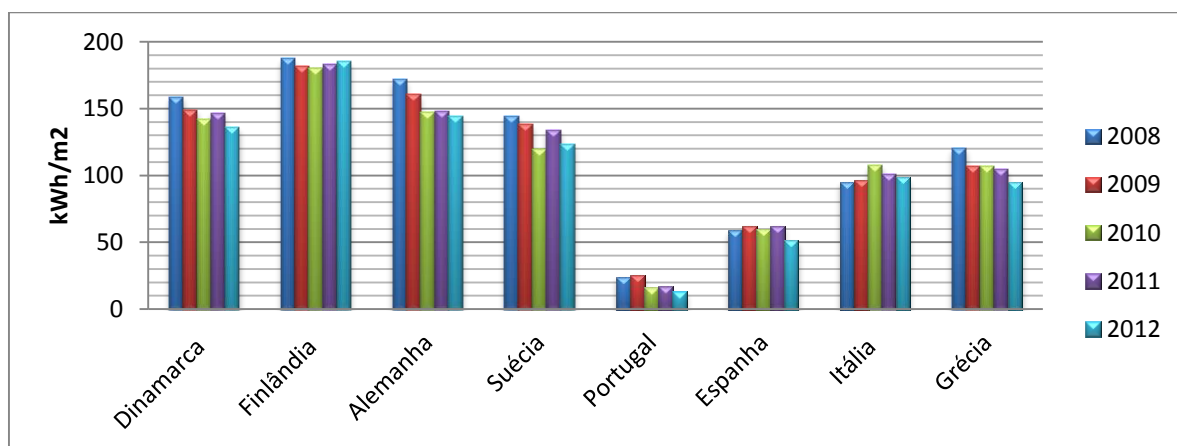


Fig. 7 – Consumo energético, de países da UE, no aquecimento (Adaptado de [19])





## 3

## ESTRATÉGIAS E TECNOLOGIAS PARA ALCANÇAR OS NZEB – O PARADIGMA DA REABILITAÇÃO

Como já foi mencionado anteriormente, um edifício NZEB é caracterizado por possuir um balanço energético nulo (ou quase) em que as necessidades energéticas do edifício são satisfeitas pela produção de energia própria através de fontes de energia renovável.

Este conceito é uma preocupação atual e como facilmente se percebe nem sempre foi tido em conta pelo que a esmagadora maioria dos edifícios já existentes não o incorporam. Assim quando reabilitamos um edifício procuramos, através de um conjunto de estratégias e tecnologias, numa primeira fase efetuar uma redução das necessidades energéticas, e posteriormente, numa segunda fase, utilizar fontes de energia renovável para produção de energia encontrando assim o balanço ideal entre a produção de energia renovável e as necessidades energéticas, como se retrata na figura 8 [2].

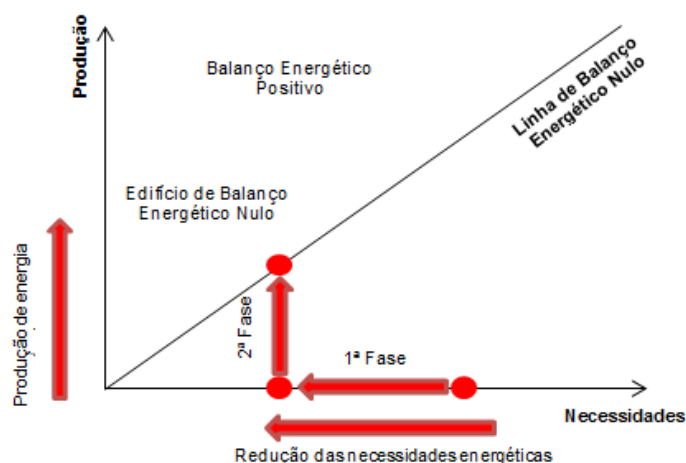


Fig. 8 – Etapas para alcançar o conceito NZEB em edifícios (Adaptado de [2])

Esse conjunto de estratégias e tecnologias para alcançar o conceito de NZEB nos edifícios serão então o ponto de foco neste capítulo e sempre direcionadas à reabilitação por se tratar de um dos pontos-chave deste documento.

### 3.1. REDUÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS

A redução das necessidades energéticas de um edifício pode ser, como mostra a figura 9, conseguida através da perfeita relação entre quatro pontos-chave: a tecnologia, nomeadamente ao nível da otimização da envolvente, a incorporação de sistemas de iluminação e de equipamentos eficiente, estratégias eficientes como é o caso dos sistemas passivos e ainda a sua perfeita integração urbana.

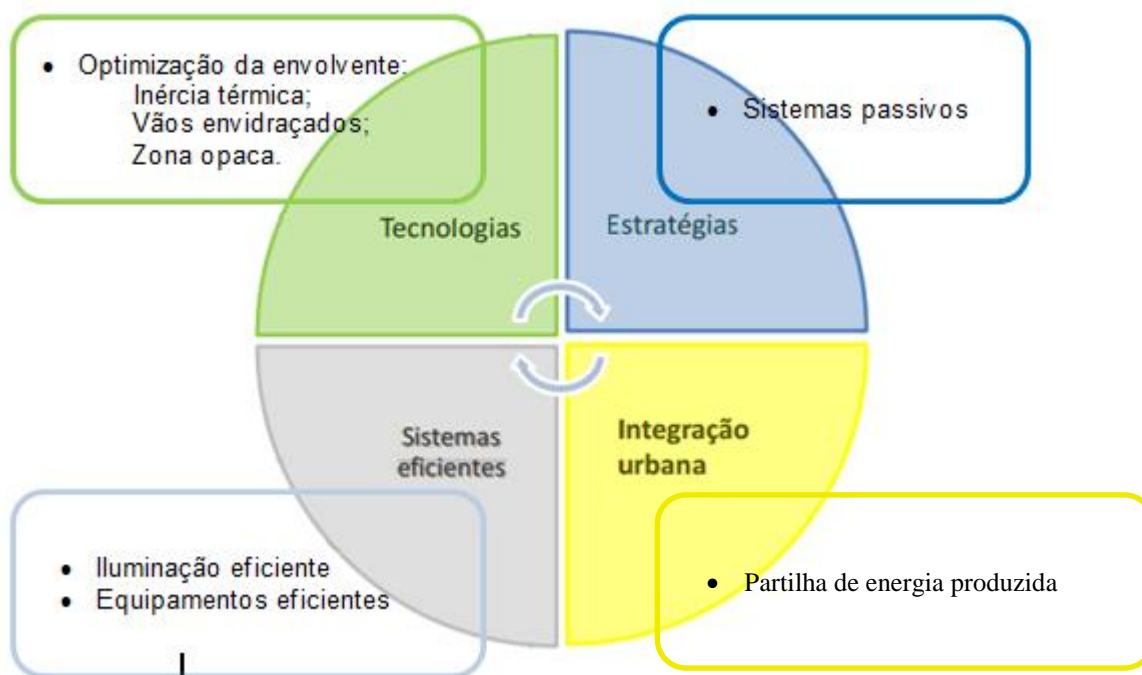


Fig. 9 – Redução das necessidades energéticas (Adaptado de [2])

#### 3.1.1 TECNOLOGIAS: OTIMIZAÇÃO DA ENVOLVENTE

Quando se fala em redução das necessidades energéticas facilmente se percebe que o objetivo principal é a limitação de ganhos de calor durante o Verão e da perda de calor durante o Inverno que se fazem através de trocas entre o exterior e o interior. Essas trocas realizam-se maioritariamente pela envolvente através de mecanismos de transmissão pelo que se se pretende reduzir as necessidades energéticas a otimização da envolvente é de extrema importância.

##### 3.1.1.1. Inércia térmica

A inércia térmica, também definida como massa superficial, é um fator importante a ter em conta para o balanço energético de um edifício. Define-se como a capacidade que os elementos apresentam em armazenar calor e posteriormente restituí-lo ao fim de um determinado tempo, dependendo da massa superficial útil por unidade de área útil de pavimento, de cada um dos elementos de construção (paredes, pavimentos, coberturas).

São as paredes constituídas por materiais pesados e densos, como por exemplo, os tijolos maciços e a pedra que apresentam melhores comportamentos térmicos quando comparadas com paredes constituídas por materiais mais leves, isso deve-se ao facto de que esses materiais têm uma elevada capacidade térmica, funcionando como reservatórios de calor e amortecedores térmicos, ou seja,

amortecem e contrariam os picos climáticos exteriores. Este fenómeno é observável de uma forma muito óbvia, por exemplo, no Verão quando se entra numa casa antiga cuja envolvente é constituída por paredes espessas de pedra embora a pedra tenha uma reduzidíssima capacidade de isolamento térmico o ambiente interior mantém-se fresco uma vez que a pedra possui a capacidade de absorver o calor [20].

Em termos numéricos a massa superficial por metro quadrado de área útil de pavimento pode calcular-se através da expressão 1 [21].

$$I_t = \frac{\sum M_{si} \cdot S_i \cdot r_i}{A_p} \text{ (kg / m}^2 \text{ pavimento)} \quad (1)$$

Onde:

$M_{si}$  – massa superficial útil do elemento  $i$  (kg /m<sup>2</sup>);

$r_i$  – fator de correção do revestimento superficial;

$S_i$  – área da superfície interior do elemento  $i$  (m<sup>2</sup>);

$A_p$  – área útil de pavimento (m<sup>2</sup>).

De salientar que o valor da massa superficial útil de cada elemento  $i$ ,  $M_{si}$ , depende:

- Da massa total por unidade de área do elemento;
- Da localização do elemento construtivo, sendo que em elementos representados na figura 10 por EL1 e EL2 o valor de  $M_{si}$  nunca poderá ser superior a 150 Kg/m<sup>2</sup> e em EL3 o valor de  $M_{si}$  nunca poderá ser superior a 300 Kg/m<sup>2</sup> e, caso exista isolamento térmico esse valor não poderá ultrapassar os 150 Kg/m<sup>2</sup>.

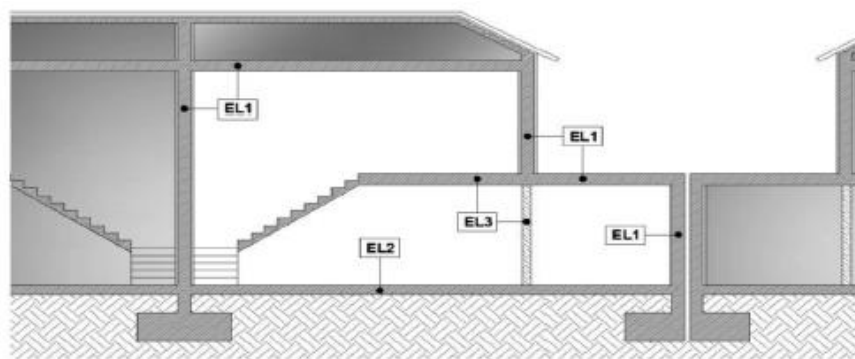


Fig. 10 – Identificação dos elementos construtivos para o cálculo da inércia térmica interior ([21])

- Da constituição do elemento construtivo, nomeadamente da posição do isolamento térmico onde  $M_{si}$  assume o valor de  $m_i$  que corresponde à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face interior nos elementos EL1 e EL2, sendo que no primeiro caso exista uma caixa-de-ar entre o isolamento térmico e a face interior, o valor de  $m_i$  corresponderá à massa do elemento desde a caixa-de-ar até à face interior utilizada no cálculo de  $I_t$ .
- Das características térmicas do revestimento superficial interior.

Depois de calculado o valor da massa superficial esta pode ser classificada em três categorias:

Tabela 3 – Classes de inércia térmica interior [21]

Classes de inércia térmica	$I_t$ [kg/m <sup>2</sup> ]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

Quanto mais pesados e densos forem os materiais, caso não exista isolamento térmico, mais forte será a sua inércia e, como já foi mencionado anteriormente, melhor sensação de bem-estar fornecem. De facto, uma correta escolha dos materiais da envolvente pode conduzir a economias energéticas, evitando custos desnecessários no aquecimento e no arrefecimento de espaços.

Para além da inércia térmica, numa zona opaca, a colocação de isolamento térmico (se colocado de forma correta) permite a poupança de energia no que diz respeito ao aquecimento e ao arrefecimento do ambiente interior, esta é mesmo uma das intervenções mais usadas quando se reabilitam fachadas. A colocação desse isolamento é feita pelo interior da zona opaca ou pelo exterior, levando a situações energéticas diferentes. Como já se mencionou anteriormente, a colocação de isolamento térmico influencia a inércia térmica uma vez que no seu cálculo o valor de  $M_{si}$  assume o valor de  $m_i$  que corresponde à massa do elemento desde o isolamento térmico até à face interior o que facilmente leva a concluir que a colocação de isolamento pelo interior apresenta uma inércia menor sendo o edifício menos eficiente do ponto de vista energético.

#### 3.1.1.2. Vãos envidraçados

Os vãos envidraçados desempenham um papel muito importante no que diz respeito à eficiência térmica e à iluminação dos edifícios. Por um lado podem ser ótimos no que diz respeito à entrada de calor sem custo mas por outro se forem construídos e montados de forma deficiente podem ser saídas através das quais o calor se dissipa. Estima-se que cerca de 25-30% das necessidades de aquecimento de uma habitação são devidas a perdas de calor pelos vãos envidraçados [20].

No mercado existe uma ampla variedade de vidros que são muito distintos entre si. Para além das diferenças no seu aspeto estético existem também diferenças, por exemplo, no balanço térmico, no controlo dos raios ultravioleta, no controlo da condensação, nas necessidades de sombreamento e no conforto acústico. Do ponto de vista da eficiência energética nos edifícios, as propriedades a ter em conta aquando a escolha de um envidraçado são o seu coeficiente de transmissão térmica e o seu fator solar [22].

Atualmente os tipos de janelas e as tecnologias que estas apresentam variam muito tornando-as cada vez mais eficientes. De uma ampla quantidade de tecnologias que existem destacam-se [23]:

- Vidros tingidos, que se caracterizam por absorverem o calor e por reduzirem a transmissão de luz. São utilizados em climas quentes e em situações onde seja desejável reduzir a claridade interior;
- Vidros refletos, que são vidros que permitem a redução do ganho de calor e da passagem da luz. São utilizados, à semelhança dos vidros tingidos, em climas quentes e em situações onde seja desejável reduzir a claridade interior;

- Vidros com uma camada de baixa emissividade ou com camadas de seleção espectral, que se caracterizam pela reflexão de radiação em onda longa (redução da perda de calor no inverno), redução da ocorrência de condensação e pela reflexão da radiação solar (redução do ganho de calor no verão). No primeiro caso, vidros com uma camada de baixa emissividade, são geralmente usados em climas frios e no segundo caso, vidros com camadas de seleção espectral, são usados em climas quentes;
- Gás de baixa condutibilidade, que é aplicado na caixa-de-ar de vidros duplos permitindo reduzir significativamente as transferências de calor por condução. Os gases que geralmente são usados são o árgon, o Cripton, o hexafluoreto de enxofre ou o dióxido de carbono e aplicam-se geralmente em climas frios onde a redução da perda de calor seja a prioridade;
- Espaçadores termicamente melhorados, que permitem a redução de perdas de calor por condução mantendo a superfície do vidro mais quente e evitando a ocorrência de condensações. À semelhança da aplicação de gás de baixa condutibilidade são usados em climas frios onde a redução da perda de calor é a prioridade;

Como já foi mencionado anteriormente, do ponto de vista da eficiência energética, as propriedades a ter em conta na escolha de um envidraçado são o coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ) e o fator solar ( $g_{\perp}$ ).

Relativamente ao coeficiente de transmissão térmica ( $U$ ), quanto menor for o seu valor menos transferência de calor ocorre através do vidro a que este está associado. Na tabela 2, apresentada no capítulo anterior, apresentam-se os valores de referência para os coeficientes de transmissão térmica de vãos envidraçados estabelecidos no Decreto-Lei nº 118/2013.

No que se refere ao fator solar ( $g_{\perp}$ ), este diz respeito ao quociente entre a energia transmitida para o interior da habitação, através do vão envidraçado com o respetivo dispositivo de proteção e a energia da radiação solar incidente, como esquematiza a figura 11.

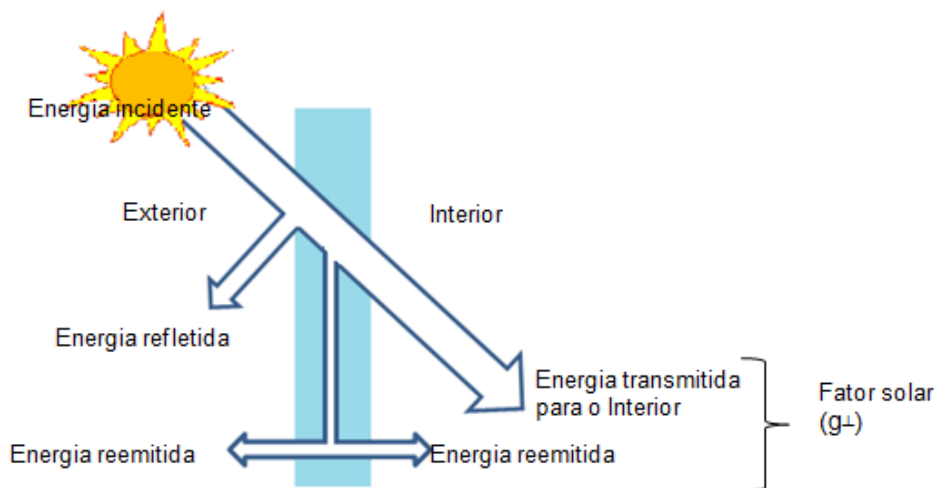


Fig. 11 – Definição de fator solar

Quanto maior for este fator, maior será a energia solar que atravessa o envidraçado. Assim para que no Verão, o fator solar, não seja demasiado elevado fazendo com que ocorra sobreaquecimento e no Inverno não seja demasiado baixo o seu valor deverá ser muito bem pensado. Em Portugal, há semelhança do que acontece com o valor do coeficiente de transmissão térmica, o atual regulamento

de térmica em vigor estabelece valores máximos admissíveis para as diferentes zonas climáticas em função da inércia do edifício no qual está incorporado o envidraçado (Tabela 4).

Tabela 4 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados ( $g_{Tmáx}$ ) [13]

$g_{Tmáx}$	Zona climática		
Classe de Inércia	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Para além do vidro um outro aspeto muito importante é a caixilharia, sendo que as que apresentam melhores propriedades térmicas são as de madeira, alumínio com corte térmico ou PVC. Na escolha de uma caixilharia os aspetos mais importantes a ter em conta são: a transmissão térmica do sistema, as aberturas de drenagem às águas da chuva e a permeabilidade ao ar [20].

### 3.1.2 ESTRATÉGIAS: SISTEMAS PASSIVOS

Os sistemas solares passivos são definidos como tecnologias construtivas integradas nos edifícios que permitem quer o seu aquecimento quer o seu arrefecimento através de meios naturais de transferência de energia/calor, tornando o edifício energeticamente mais eficiente. Estes sistemas podem ser divididos em dois grandes grupos, os sistemas de aquecimento passivo e os sistemas de arrefecimento passivo [24].

Relativamente aos sistemas de arrefecimento passivo pretendem tirar partido de fontes frias que permitam arrefecer o interior do edifício ou da integração de proteções que evitarão o seu aquecimento. Os sistemas passivos mais utilizados para arrefecer o interior dos edifícios são[24]:

- Ventilação natural;
- Arrefecimento pelo solo;
- Arrefecimento por radiação;
- Proteção solar.

Por sua vez os sistemas de aquecimento passivo, são sistemas cujo principal objetivo visa maximizar a captação solar, durante a estação fria. Este aquecimento pode ser conseguido, por exemplo, através de dois sistemas [24]:

- Sistema de ganho direto;
- Sistema de ganho indireto - Parede de trombe.

Todos estes sistemas para além de poderem ser utilizados de forma isolada podem ser utilizados de forma combinada, aproveitando a combinação das suas vantagens e tornando o edifício mais eficiente do ponto de vista energético.

### 3.1.2.1. Sistemas passivos de arrefecimento

#### a) Ventilação natural

A ventilação natural, como esquematizado na figura 12, é um processo pelo qual é possível arrefecer os edifícios tirando partido da diferença de pressão entre o interior e o exterior do edifício, que ocorrem quer pela diferença de temperaturas quer pela ação direta do vento.

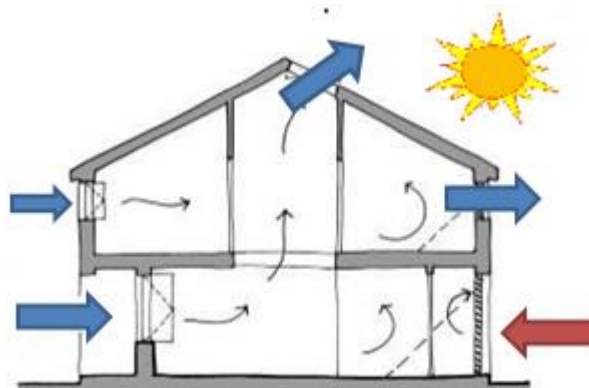


Fig. 12 – Sistema de ventilação natural (Adaptado de [25])

Facilmente se compreende que para que a ventilação natural, devido à ação do vento, seja eficiente terá de haver diferenciais de pressão nos lados opostos e nos diversos andares do edifício para que o ar fresco possa circular. Existe uma série de recomendações que permitem maximizar o efeito da ventilação natural por ação do vento, são elas [26]:

- Maximizar a ação do vento no edifício: é recomendado, antes da implantação do sistema de ventilação natural, que se proceda a uma análise climática da zona onde o edifício está implantado identificando qual a orientação onde o efeito do vento é mais acentuado;
- Cada divisão deverá possuir duas aberturas para a ventilação, uma de admissão de ar e a outra de exaustão, sendo que a abertura de exaustão deverá ser colocada em zonas mais elevadas;
- Evitar que a ventilação entre duas aberturas, uma de entrada e outra de exaustão, seja direta permitindo uma maior ventilação dos espaços interiores;
- As portas interiores deverão ser executadas de modo a permitirem a circulação de ar pelo interior do edifício;

No que respeita à ventilação natural, devido às diferenças de temperatura, esta torna-se possível pelo facto de o ar quente ser mais leve que o ar frio o que faz com que o primeiro suba, saindo posteriormente do interior do edifício através de aberturas que existam na parte superior deste. De salientar ainda que o ar quente existente no interior do edifício só sairá se a temperatura deste for superior à temperatura do ar exterior existente no cimo do edifício. Por este facto em países que possuem o clima Mediterrânico a ventilação por ação da temperatura é feita durante o período noturno e início da manhã, altura em que a temperatura exterior é inferior à temperatura do ar no interior dos edifícios [26].

#### b) Arrefecimento por radiação

O arrefecimento por radiação ocorre quando a temperatura no interior do edifício é mais elevada do que a temperatura do exterior. Este processo consiste na saída de calor, por radiação, do interior para o exterior do edifício sendo que é habitualmente utilizado nas coberturas uma vez que é nestas que existe a maior exposição solar facto que favorece as trocas radiativas.

As coberturas horizontais são mais eficientes no arrefecimento por radiação contudo o facto de muitas vezes possuírem isolamento térmico este poderá contribuir para uma minimização do efeito do sistema de arrefecimento por radiação no período noturno. O cenário ideal para este tipo de sistemas seria a cobertura possuir isolantes amovíveis que seriam ativados apenas durante o período diurno minimizando assim os ganhos de calor e permitindo as perdas noturnas [24].

#### c) Arrefecimento pelo solo

Durante a estação de aquecimento, quando a temperatura do interior do edifício é superior à temperatura do solo este pode funcionar como uma fonte para o arrefecimento do edifício em causa. Através do solo ocorre uma dissipação de calor que pode ser feita através de dois processos: o direto e o indireto. No primeiro caso, o sistema direto, essa dissipação ocorre, tal como o próprio nome indica, diretamente através da envolvente do edifício que se encontra em contacto com o solo.

No segundo caso, o sistema indireto representado na figura 13, a dissipação de calor ocorre através de condutas subterrâneas colocadas de 1 a 3 m de profundidade por onde circula o ar que apresenta uma temperatura mais baixa que a temperatura do interior do edifício temperatura essa obtida pelo contacto das condutas com o solo. Facilmente se conclui que o desempenho deste sistema indireto de arrefecimento pelo solo depende não só das dimensões das condutas e da profundidade a que são colocadas mas também da temperatura a que se encontra o solo, da temperatura e da velocidade do ar que circula no seu interior e ainda das propriedades térmicas das condutas e do solo [24].

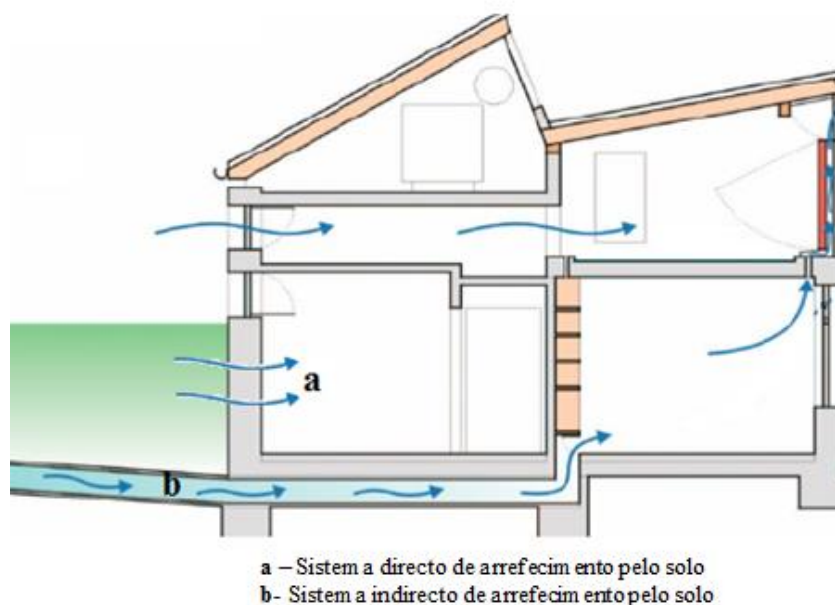


Fig. 13 – Sistema de arrefecimento pelo solo (Adaptado de [24])



#### d) Proteção solar

Nos períodos diurnos de Verão, devido à excessiva radiação solar, a forma mais eficaz de reduzir os ganhos de calor e evitar o sobreaquecimento no interior do edifício é feito através do recurso a proteções solares.

Do ponto de vista da reabilitação o arrefecimento com recurso a proteções solares feitas através da conceção arquitetónica, nomeadamente no que diz respeito à orientação dos vãos envidraçados, da posição relativa em relação a outras construções e da própria volumetria e forma do edifício, torna-se bastante difícil senão mesmo impossível.

Assim uma das formas de evitar esse sobreaquecimento é, como mostra a figura 14, a colocação, na frente dos envidraçados, de vegetação que deverá ser de folha caduca conseguido assim evitar a passagem da radiação solar no verão (imagem da esquerda da figura 14) e permitindo essa mesma passagem no Inverno (imagem da direita da figura 14).

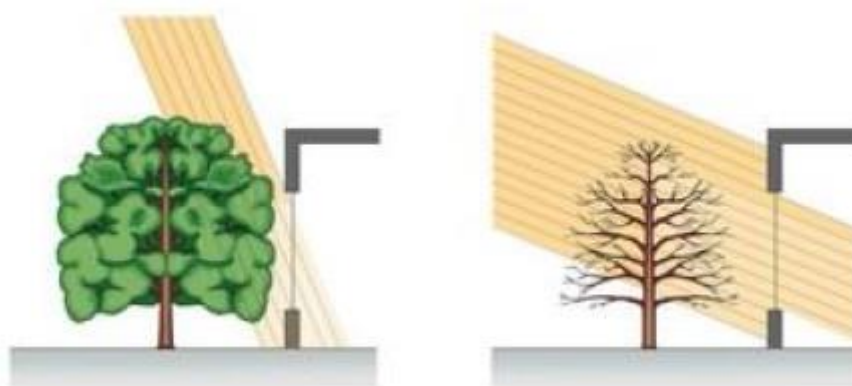


Fig. 14 – Sombreamento com recurso a vegetação ([27])

Uma outra forma de evitar a incidência de radiação solar nos envidraçados é feita através do recurso a dispositivos de sombreamento como, por exemplo, as portadas, os estores de lâminas ajustáveis, as cortinas ou os toldos retrácteis. Pela vasta gama de dispositivos de sombreamento que existem colocam-se duas grandes questões, são elas: “o dispositivo de sombreamento deverá ser móvel ou deve ser fixo?” e “o dispositivo de sombreamento deverá ser colocado no interior ou no exterior?” [28].

No que diz respeito à primeira pergunta os dispositivos sombreamentos fixos, tal como o nome indica, são dispositivos que uma vez instalados não se podem retirar. Esta situação apesar de ser muito benéfica no Verão por impedir a incidência de radiação solar nos envidraçados, poderá acarretar alguns problemas nos meses de Inverno uma vez que nesses meses o ideal seria a entrada de radiação solar para permitir um aquecimento passivo. Em contrapartida os dispositivos móveis podem ser controlados manualmente e permitem ultrapassar problemas como o descrito anteriormente. Efetivamente os dispositivos de sombreamento móveis apresentam, quando comparados com os dispositivos de sombreamento fixos uma melhor eficiência energética ao longo do ano [28] [29].

Relativamente à questão dos dispositivos serem colocados pelo interior ou pelo exterior os primeiros são menos eficazes, isto porque não impedem a entrada do calor no espaço interior não impedindo igualmente o sobreaquecimento do espaço interior [28].

### 3.1.2.2. Sistemas passivos de aquecimento

#### a) Sistema de ganho direto

O sistema de ganho direto é o mais simples sistema passivo de aquecimento. É um sistema muito simples mas que nem sempre foi tido em conta na conceção de alguns edifícios o que faz com que na reabilitação desses a sua aplicação nem sempre seja possível efetuar da forma mais eficiente pelos factos que se identificarão de seguida.

Este tipo de sistema é eficiente, principalmente quando existe uma correta orientação dos vãos envidraçados (no hemisfério norte, a orientação Sul), quando através do uso de dispositivos de sombreamento se previne o sobreaquecimento na estação de arrefecimento e quando se aplicam isolamentos térmicos nos elementos opacos que permitem a redução das perdas de calor.

O seu funcionamento consiste, como esquematizado na figura 15, quer na entrada direta da radiação solar através dos vãos envidraçados quer pela energia térmica que é transferida para o espaço interior por fenómenos de radiação e convecção proveniente da radiação absorvida pelos elementos com inércia térmica, como paredes e pavimentos, que mais tarde transformam nessa energia térmica [24] [30].

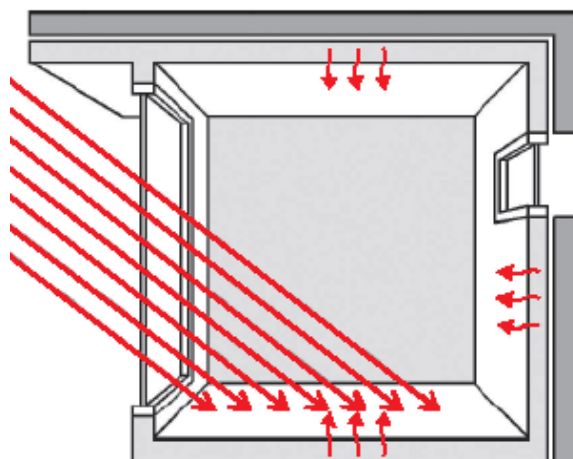


Fig. 15 – Sistema de ganho direto (Adaptado de [24])

O sistema de ganho direto apresenta uma série de vantagens das quais [30]:

- Ser o sistema de maior rendimento energético;
- Ser o sistema barato do ponto de vista construtivo;
- Para além dos ganhos energéticos conseguidos pela superfície envidraçada esta permite também produzir iluminação natural para os espaços interiores;
- Oferecer grande flexibilidade na conceção arquitetónica, sendo contudo necessário respeitar os valores mínimos estabelecidos pelo REH no que diz respeito à massa térmica, à orientação e área de envidraçados, aos dispositivos de sombreamento e aos coeficientes de inércia térmica (já apresentados anteriormente neste documento).

No que se refere aos inconvenientes do seu uso estes devem-se essencialmente a [30]:

- As grandes superfícies de envidraçado poderem provocar falta de privacidade e iluminação excessiva;

- A radiação solar direta para além de poder provocar degradação e descoloração dos materiais localizados no interior pode ainda provocar assimetrias na temperatura radiante, provocando desconforto durante as horas de maior incidência do Sol;
- Necessidade de orientação solar favorável dos envidraçados (Sul, no caso do hemisfério Norte).

#### b) Sistema de ganho indireto

O sistema de ganho indireto, que nem sempre é muito fácil executar na reabilitação mas que é de grande eficiência, é feito através da colocação, entre a superfície de incidência da radiação solar e o espaço a aquecer, de um elemento construtivo com elevada inércia térmica. Esse elemento com elevada inércia térmica absorve a energia solar que nele incide transforma-a em energia térmica e posteriormente é transferida para o espaço interior, sendo que essa transferência pode ser imediata ou desfasada, consoante a estratégia de circulação de ar que for adotada [24].

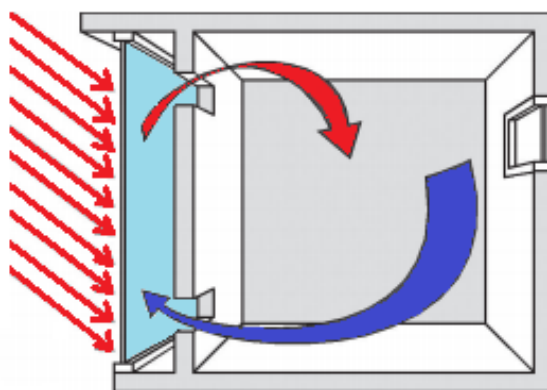


Fig. 16 – Sistema de ganho indireto (Parede de Trombe) (Adaptado de [24])

Um dos sistemas passivos de aquecimento de ganho indireto mais usados nos dias de hoje, representado na figura 16, é a “Parede de Trombe”. Como observável na figura este sistema é composto por um vão devidamente orientado (nos países situados no hemisfério Norte a orientação preferencial é a Sul). Neste sistema a superfície exterior do edifício que se encontra entre o vão mencionado anteriormente e o interior do edifício, com o objetivo de aumentar a captação da radiação solar incidente, é habitualmente pintada com cores escuras. Assim entre esta superfície e o vão é criado um efeito de estufa, que pode atingir temperaturas entre 30 a 60°C.

A energia térmica produzida é transmitida por condução para o espaço interior através da parede, no entanto se se pretender que essa transmissão seja feita imediatamente, a parede pode possuir aberturas de ventilação natural que permitirão a entrada dessa mesma energia através de uma convexão natural entre o espaço interior e o espaço “estufa” [24] [30].

A eficiência de uma Parede de Trombe pode ser melhorada com o uso de dispositivos móveis de sombreamento, sendo que o seu funcionamento deve respeitar a seguinte sequência [30]:

- Inverno, durante o dia: O dispositivo móvel deverá estar aberto e os orifícios de ventilação existentes na parede do edifício só deverão ser abertos, quando a temperatura no espaço de ar for superior à temperatura do interior do edifício;
- Inverno, durante a noite: com o intuito de reduzir as perdas de calor, dispositivo de sombreamento móvel deverá estar fechado, bem como os orifícios de ventilação;

- Verão, durante o dia: os orifícios de ventilação devem estar fechados e deverá ser previsto o sombreamento do sistema;
- Verão, durante a noite: deverão ser abertos os orifícios de ventilação exteriores existentes no vão envidraçado permitindo o arrefecimento da parede do edifício.

### 3.1.3. SISTEMAS EFICIENTES

#### 3.1.3.1. Iluminação

Nos dias que correm, em média, cerca de 20% da energia total utilizada num edifício é consumida em necessidades energéticas associadas à iluminação. Estes 20% representam ainda valores muito elevados que podem ser otimizados, para tal é necessário analisar as necessidades de cada compartimento uma vez que nem todos necessitam da mesma quantidade de luz pois essa necessidade varia consoante o tamanho e localização das janelas associadas ao compartimento [31].

Para além disso, o uso de lâmpadas de baixo consumo permitem poupar, quando comparadas com as lâmpadas incandescentes, cerca de 80% de energia. Na tabela 5 é feita uma comparação entre as típicas lâmpadas incandescentes de 60 W e uma lâmpada de baixo consumo de 11w, no que diz respeito ao custo, ao consumo de energia e ao tempo de vida de cada lâmpada [31].

Tabela 5 – Comparação de lâmpadas incandescentes com lâmpadas de baixo consumo (Adaptado de [31])

Tipo de Lâmpada	Incandescente (60W)	De baixo consumo (11W)
Vida útil (horas)	1000	8000
Preço de aquisição (€)	1,20	7,00
Preço do kWh (€)	0,14	0,14
Consumo de energia (kWh) (Funcionamento de 8000h)	(8000 x 60) 480	(8000 x 11) 88
Custo das lâmpadas (€)	(1,20 x 8) 9,60	(7,00 x 1) 7,00
Custo da energia (€)	(480 x 0,14) 67,20	(88 x 0,14) 12,32
Custo total (€)	76,80	19,32
Diferença de 57,48 €		

#### 3.1.3.2. Equipamentos

Uma habitação possui bastantes eletrodomésticos como, por exemplo, máquinas de lavar, fornos elétricos, frigoríficos, sistemas de ar condicionado, entre outros. Esses aparelhos representam um consumo de 50% da energia total consumida na habitação [31].

Muito se tem feito para reduzir esse consumo tão elevado por parte dos equipamentos e existem já equipamentos com elevada eficiência energética que facilmente se identificam por possuírem etiquetas energéticas (figura 17) que contêm algumas informações sobre o equipamento que acompanham como: o seu consumo anual de energia, o seu consumo de água e a volumetria e nível de ruído produzido durante o funcionamento [31].

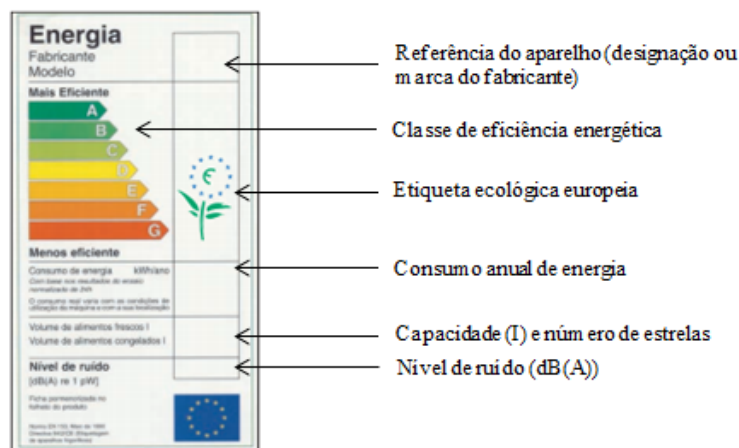


Fig. 17 – Etiqueta energética [32]

Com o intuito de avaliar a poupança energética através da utilização de equipamentos eficientes a DGEG realizou um estudo em que comparou os consumos energéticos anuais de uma família dita “Família *standard*” com os consumos energéticos de outra família a que chamaram de “Família ecológica” e que utiliza apenas equipamentos de classe energética A. O estudo permitiu verificar que a “Família ecológica” apresenta um consumo energético que é inferior, em metade, ao consumo da “Família *standard*” [32].

#### 3.1.4. INTEGRAÇÃO URBANA: PARTILHA DE ENERGIA PRODUZIDA

Uma das formas de alcançar um NZEB, como já mencionado anteriormente, passa pela produção de energia renovável, produzida no local para satisfazer as necessidades energéticas do edifício que serve [2].

Dimensionar um sistema de equipamentos de produção de energia tendo em conta as necessidades energéticas durante o Inverno, faria com que o mesmo ficasse sobredimensionado no Verão, produzindo um excesso de energia. Por este facto e de forma a evitar um desperdício de energia, a integração urbana de um edifício NZEB é de extrema importância. Essa energia produzida em excesso no Verão poderá ser utilizada não só pelos edifícios vizinhos se estes estiverem adaptados para a receber mas também poderá ser utilizada na zona pública, como por exemplo, em iluminação ou em semáforos [20].

### 3.2. TECNOLOGIAS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA

#### 3.2.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar para além de poder ser aproveitada para questões de iluminação e para melhorar o desempenho energético dos edifícios, como já mencionado anteriormente no presente trabalho, pode ser aproveitada na produção de energia. Essa geração de energia constitui atualmente a fonte de energia renovável mais atraente e pode ser dividida em dois grupos [20]:

- Energia fotovoltaica: obtida através da instalação de painéis fotovoltaicos que permitem a produção de energia para usar, por exemplo na iluminação;
- Energia solar térmica: obtida através de coletores solares e usada no aquecimento de águas sanitárias.

Um sistema de energia solar deste tipo se for devidamente dimensionado e instalado, pode permitir uma poupança de 70% dos custos associados à energia para satisfazer as necessidades energéticas para aquecimento e arrefecimento bem como para a produção de águas quentes sanitárias [20].

#### 3.2.1.1. Energia fotovoltaica:

A energia fotovoltaica é obtida através de painéis fotovoltaicos, dispositivos capazes de converter energia solar em eletricidade através de células fotovoltaicas que fazem parte da constituição desses painéis [20].

O módulo fotovoltaico, representado na figura 18, é o componente principal de um sistema fotovoltaico, este é composto por um material semicondutor (na maioria das vezes o silício), que quando submetido à radiação solar carrega-se eletricamente. Cada módulo fotovoltaico é constituído por células fotovoltaicas, que podem ser ligadas em série ou em paralelo, capazes de produzir uma potência elétrica da ordem dos 1,5 W. Estas células poderão ser ligadas em série ou em paralelo. Nas extremidades de cada módulo existem ainda peças metálicas que são responsáveis pela absorção dos eletrões livres para permitir armazenar a energia [33]



Fig. 18 – Painel solar constituído por 6 módulos fotovoltaicos [34]

A corrente obtida pelos módulos fotovoltaicos é uma corrente contínua, que não podendo ser utilizada diretamente, é transformada por um inversor em corrente alternada. Caso o sistema não seja ligado à rede é necessário prever o armazenamento da energia e para tal devem fazer parte do sistema mais dois componentes: baterias, que permitem armazenar a energia produzida, e os controladores de carga, que protegem a bateria de sobrecargas ou descargas totais [33].

Para maximizar o rendimento do sistema fotovoltaico é necessário levar a cabo algumas regras como por exemplo orientar e inclinar os painéis solares na orientação com maior incidência de radiação solar, no caso do Sul da Europa a orientação preferencial é a Sul. Com o intuito de maximizar esse ganho, existem já no mercado sistemas que possuem dispositivos de tracking, que localizam o sol e viram o painel na sua direção [33]

A aplicação de sistemas fotovoltaicos apresenta uma série de vantagens das quais [20]:

- Alta fiabilidade- não possui peças móveis o que constitui um facto muito útil nas aplicações em locais isolados;



- Adaptabilidade dos módulos- permite uma montagem simples do sistema adaptando-os para várias potências;
- Custos de operação reduzidos;
- Possibilidade de armazenamento da energia produzida em baterias para usar posteriormente (no entanto, com limitações).

### 3.2.1.2. ENERGIA SOLAR TÉRMICA

A energia solar térmica é conseguida através de coletores solares térmicos que são equipamentos capazes de converter a energia solar neles incidentes em energia térmica aproveitada para o aquecimento de águas sanitárias ou para a climatização do ambiente interior.

De uma forma muito resumida, como observável na figura 19, um coletor solar térmico é constituído por um painel, responsável pela conversão da energia solar em energia térmica, por um permutador no qual o fluido de aquecimento circula e por um depósito onde a água quente é armazenada [20]

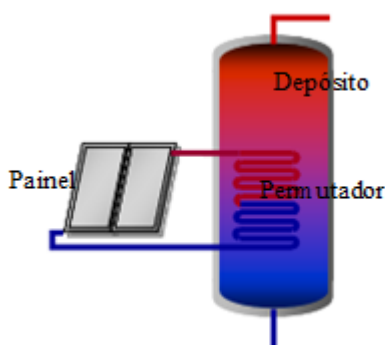


Fig. 19 – Esquema de um coletor solar térmico (Adaptado de [35])

Os sistemas solares térmicos que existem, representados na figura 20, são o sistema de circulação natural, também conhecido como termossifão e o sistema de circulação forçada.



Fig. 20 – Sistemas solares térmicos - Termossifão à esquerda e Sistema de circulação forçada à direita)  
(Adaptado de [35])

Nenhum dos sistemas referidos anteriormente é mais aconselhável que o outro sendo que quando se está perante a escolha deve analisar-se o tipo de solução que se pretende tendo em conta as desvantagens que cada um dos sistemas apresenta.

No que diz respeito ao sistema de termossifão ou circulação natural, este tem como desvantagens [35]:

- Ser altamente sensível a perdas de carga;
- Neste sistema os coletores operam com menor rendimento, pelo facto do seu caudal ser regulado pela radiação incidente;
- Possui comparativamente com o sistema de circulação forçada maiores perdas térmicas e menor durabilidade do acumulador.

Por outro lado o sistema de circulação forçada apresenta como desvantagens [35]:

- Possuir consumos elétricos associados apesar de pouco significativos;
- Possuir uma maior complexidade de instalação do sistema.

Tal como acontece com os sistemas fotovoltaicos, também com os sistemas solares térmicos, para maximizar o rendimento do sistema solar térmico é necessário levar a cabo algumas regras, como por exemplo, orientar o painel ao sul geográfico (4° à esquerda do sul magnético) por ser a orientação que no Sul da Europa apresenta maior incidência de radiação solar, ter em conta a inclinação do painel, sendo que este permite obter maior eficiência quando se encontra na perpendicular em relação à incidência solar e por fim as tubagens devem ser isoladas de forma a reduzir as perdas de calor desde o coletor até ao ponto de utilização [20] [35].

O aproveitamento de energia solar para arrefecer o ambiente interior, produzindo frio, constitui hoje em dia uma das aplicações térmicas com maior potencial futuro, isto porque a época em que se procura arrefecer o ambiente interior coincide com a estação em que a incidência de radiação nos painéis é maior [20].

### 3.2.2 ENERGIA EÓLICA

O equipamento apresentado na figura 21, denominado aerogerador, permite converter a energia eólica produzida pelo vento energia elétrica.



Fig. 21 – Aerogerador [36]



Esse sistema converte a energia eólica em energia elétrica uma vez que o vento ao incidir nas pás da turbina provoca a sua rotação e consequentemente a rotação de um eixo que gera energia mecânica. Posteriormente a rotação desse eixo põe em funcionamento um gerador no qual os campos magnéticos nele existentes convertem a energia mecânica em eletricidade [20].

Facilmente se percebe que aerogeradores como o representado na figura 21 não se poderão aplicar no espaço urbano não só pelas elevadas dimensões que apresentam mas também pelo facto do ruído que produzem poder perturbar os habitantes. Por este facto existem instalações mais pequenas para uso doméstico, como os representados na figura 22, que quando colocada em regiões ventosas, onde a velocidade média anual do vento seja superior aos 13 km/h e permitem produzir entre 400 a 3200 W [20].

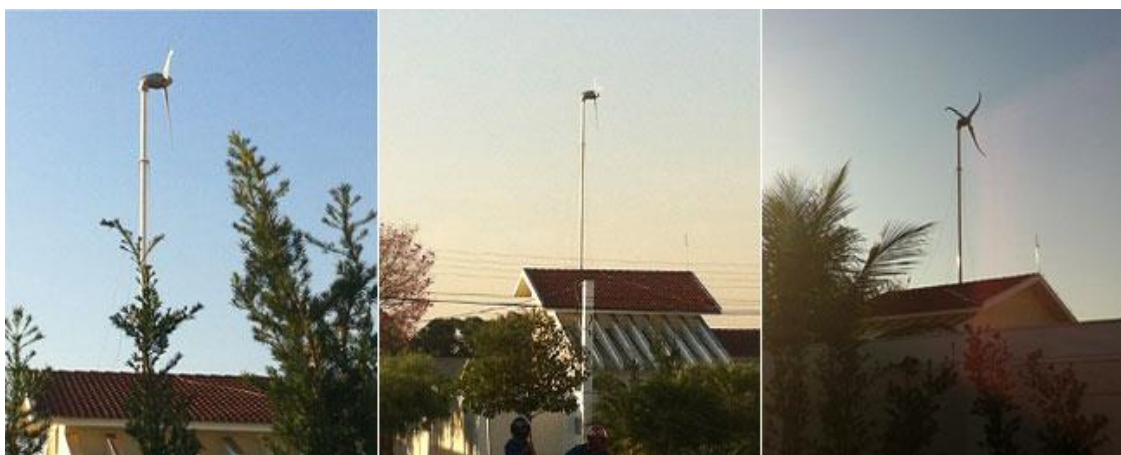


Fig. 22 – Mini aerogerador [37]

### 3.3.3. ENERGIA GEOTÉRMICA

Devido à elevada inércia térmica da terra, esta constitui um enorme acumulador de energia solar que se acumula sob a forma térmica e que poderá ser aproveitada para satisfazer as necessidades dos edifícios, não só no que diz respeito à produção de AQS mas também em relação à climatização dos espaços interiores [20].

No sector dos edifícios o sistema de aproveitamento é constituído por um circuito de tubagens enterrados onde circula um fluido de transferência responsável pela captação da energia (em regra geral, água com um aditivo anticongelante) e por uma bomba de calor que na estação fria liberta a energia absorvida pelas tubagens para aquecer o espaço interior e na estação quente realiza o processo inverso, absorve o calor existente no ambiente interior e transfere-o, através do circuito, para o solo [20].

O aproveitamento geotérmico não é igual em todos os locais sendo que quanto maior for o gradiente entre a temperatura do fluido e a do meio exterior maior será a eficiência do sistema [20].

### 3.3.4. Biomassa

A biomassa diz respeito à combustão de matéria orgânica tanto de origem vegetal como animal sendo que a energia final produzida é sobretudo utilizada no aquecimento do ambiente interior e na produção de AQS.

Atualmente, em Portugal, existem já sistemas de aquecimento muito desenvolvidos com recurso a biomassa sendo o combustível mais utilizado a lenha (com um peso de 36%). De facto os

equipamentos que funcionam a lenha são considerados mais seguros no que diz respeito à utilização apresentando como desvantagem o facto de ser necessário remover as cinzas periodicamente [20].

# 4

## NZEB REALIZADOS PELO MUNDO

O número de Net/Nearly Zero Energy Community (NZEC) é ainda é muito pequeno e tem havido relativamente pouca avaliação sistemática do seu desempenho. Contudo, no presente capítulo pretende fazer-se um estudo de algumas soluções já existentes que englobem este conceito. Este estudo incidiu essencialmente nas soluções passivas que foram utilizadas e nas soluções encontradas para a produção de energia no edifício.

Para uma mais fácil interpretação dos diferentes casos, o estudo foi feito tendo em conta os seguintes aspetos:

- **Introdução:** breve análise ao edifício;
- **Estratégias utilizadas:** apresentação das estratégias utilizadas para reduzir as necessidades energéticas do edifício;
- **Tecnologia aplicada:** tecnologia utilizada para a produção de energia para fazer face às necessidades energéticas do edifício;
- **Resultado:** análise ao balanço energético.

### 4.1. CASO DE ESTUDO: “BEDZED”

#### 4.1.1. INTRODUÇÃO

O BedZED (Beddington Zero Energy Development), projetado pelo arquiteto Bill Dunster, situa-se no bairro londrino de Sutton e foi o primeiro bairro a ser construído no qual se tentou alcançar o conceito de *Net/Nearly Zero Energy*.

Este bairro, construído entre 2000 e 2002, é uma eco comunidade cujo principal objetivo visa minimizar o impacto ambiental substituindo as energias de origem fóssil por outras fontes mais limpas e menos poluentes.

O projeto BedZED tem uma área de 10400 m<sup>2</sup> e é constituído por 100 edifícios dos quais 82 são de habitação e os restantes 18 escritórios [38].

#### 4.1.2 ESTRATÉGIAS UTILIZADAS

De forma a cumprir os objetivos principais, que visavam essencialmente a minimização do impacto ambiental e a diminuição dos consumos energéticos, foram adotadas algumas estratégias na conceção do bairro BedZED, a destacar [38] [39]:

- Estrutura: a estrutura do edifício é constituída por aço que em caso de demolição é recuperado em 95%, permitindo com a utilização deste material obter maiores vãos e consequentemente maior flexibilidade na construção;
- Isolamento térmico: foram usados diferentes materiais nos diversos elementos construtivos, sendo que nas paredes foi utilizado lã de rocha, nos pisos térreos utilizou-se poliestireno expandido e nos telhados o isolamento térmico utilizado foi o poliestireno extrudido;
- Janelas: todas as janelas apresentam vidros triplos sendo que as caixilharias são constituídas em madeira ao invés de alumínio de forma a minimizar o impacto ambiental. Na fachada Sul dos edifícios que constituem o bairro BedZED, a área de envidraçado é maior permitindo assim não só a iluminação natural do ambiente interior mas também o seu aquecimento. Nas restantes orientações, para evitar perdas de calor, as áreas de envidraçado são pequenas e a iluminação do espaço interior dos compartimentos com fachadas nessas orientações é conseguida através de claraboias existentes na cobertura;
- Inércia térmica: Relativamente à inércia térmica o edifício possui uma inércia forte;
- Ventilação: Foi adotado um sistema de ventilação natural permitindo que o ar interior deteriorado seja substituído por ar renovado e ao mesmo tempo seja feita uma recuperação do calor desse ar que é substituído através de um pré aquecimento do ar renovado.
- Outras: de forma a obter uma maior eficiência energética, para além das estratégias já mencionadas anteriormente, foram ainda instaladas lâmpadas de baixo consumo, aparelhos eletrodomésticos (nomeadamente as máquinas de lavar e frigorífica) que possuem classe energética A. Para além disso, água da chuva que incide nos telhados é recolhida e armazenada para posteriormente poder ser utilizada por exemplo na rega de jardins. Um outro fator importante nas reduzidas necessidades energética do projeto são os baixos coeficientes de transmissão térmica que os elementos possuem (ver tabela 6), permitindo assim uma minimização das perdas de calor

Tabela 6 – Coeficiente de transmissão térmica dos elementos [39]

	Paredes Exteriores	Teto	Pavimento	Envidraçados
Coeficiente U (W/m <sup>2</sup> .°C)	0,11	0,10	0,10	1,2

#### 4.1.3 TECNOLOGIA APLICADA

A produção de energia elétrica para satisfazer as necessidades energéticas e para carregar os veículos elétricos é conseguida através de painéis fotovoltaicos instalados nos telhados dos edifícios, com uma potência de 109 kW numa área de 777 m<sup>2</sup>.

Por sua vez, a produção de AQS e o aquecimento interior dos edifícios é conseguido através de uma unidade de produção de cogeração de eletricidade e calor com recurso a biomassa e complementado, quando o anterior não se encontra em funcionamento, por uma caldeira a gás [38] [39].



Fig.23 – NZEC - BedZED

#### 4.1.4 RESULTADOS

Uma avaliação realizada em 2003 constatou que as unidades habitacionais do BedZED usavam menos 88% de energia no consumo de energia para aquecimento dos espaços interiores e menos 57% na obtenção de AQS, em relação à média dos edifícios no Reino Unido. Relativamente ao consumo pelos moradores, os que habitam nos edifícios BedZED consomem em média menos 25% da energia que a restante população britânica.

Na tabela 7 apresentam-se os valores relativos quer à produção quer ao consumo de energia do conjunto habitacional BedZED.

Tabela 7 – Balanço energético do projeto BedZED [39]

	kWh/m <sup>2</sup> /ano
Produção de energia	82
Consumo de energia	82
Balanço energético	0

## 4.2. CASO DE ESTUDO: “WEST VILLAGE”

### 4.2.1. INTRODUÇÃO

West Village é um bairro classificado como Net Zero Energy, localizado em Davis (Califórnia) mais concretamente na vila universitária da Universidade da Califórnia.

Inicialmente o projeto West Village não tinha o objetivo de *Net Zero Energy*, sendo que o conceito acabaria por surgir a meio da sua conceção devido ao rápido crescimento da preocupação com as mudanças climáticas na Califórnia.

O conjunto habitacional tem capacidade para alojar cerca de 4 200 pessoas dispondo ainda de zonas de escritórios e refeitórios [40].

#### 4.2.2 ESTRATÉGIAS UTILIZADAS

Para que fosse possível reduzir as necessidades energéticas e consequentemente a utilização de energia para fazer satisfazer as primeiras, foram utilizadas algumas estratégias para o efeito, das quais [40]:

- Os telhados possuem uma barreira que funciona como um para-sol;
- Os equipamentos de iluminação e eletrodomésticos são de alta eficiência;
- Para evitar desperdícios de energia com a iluminação existente sensores de presença;
- As janelas a sul permitem a entrada de luz solar no Inverno e são munidas de palas para que no Verão a entrada dos raios solares não seja possível evitando o sobreaquecimento;
- Neste projeto foi desenvolvida uma aplicação para smartphones que fornece informações em tempo real aos moradores sobre o consumo de energia, permitindo assim que estes saibam onde podem fazer uma poupança energética.

#### 4.2.3 TECNOLOGIA APLICADA

O West Village gera a sua própria energia através do uso de painéis fotovoltaicos colocados nos telhados dos edifícios (orientados a sul e a oeste) e nas coberturas dos estacionamento. De forma a otimizar os ganhos de sol os telhados dos edifícios foram construídos em dente de serra, como observável na figura 24, gerando assim maior área de incidência solar [40].



Fig. 24 – NZEC - West Village

#### 4.2.4 RESULTADOS

As estratégias e a tecnologia aplicadas permitiram que o consumo energético no West Village quando comparado com o consumo energético médio das restantes habitações existentes na Califórnia seja menor em 65 % para as habitações unifamiliares e 58 % para as habitações multifamiliares. Para além disso existe no West Village um consumo de energia destinada à iluminação da área comum de menos 50% do que no resto da Califórnia [40].



# 5

## CASO DE ESTUDO “Cooperativa Sache- 2ª Fase”

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO DO CONJUNTO HABITACIONAL

#### 5.1.1. IMPLANTAÇÃO

O conjunto habitacional em estudo (delimitado a vermelho na figura 25) é um espaço destinado a habitação, construído em 1991 e projetado pelo arquiteto Manuel Correia Fernandes. É constituído por 8 edifícios de 2 andares, possuindo cada um deles 16 apartamentos de diferentes tipologias. Este complexo habitacional situa-se nas proximidades da Rua Robert Auzelle, Porto (Portugal).



Fig. 25 – Localização do conjunto habitacional em estudo

### 5.1.2. ARQUITETURA

Como já foi referido anteriormente, cada edifício que compõe este conjunto habitacional é constituído por dois pisos, sendo que todos eles são destinados exclusivamente à habitação. Para que melhor se perceba a arquitetura que os edifícios deste conjunto habitacional apresentam, nas figuras 26, 27 e 28 encontram-se, respetivamente, as plantas do piso de rés-do-chão, do piso 1 e do piso 2 de dois dos edifícios que constituem o conjunto habitacional “Cooperativa Sache 2ªFase”.

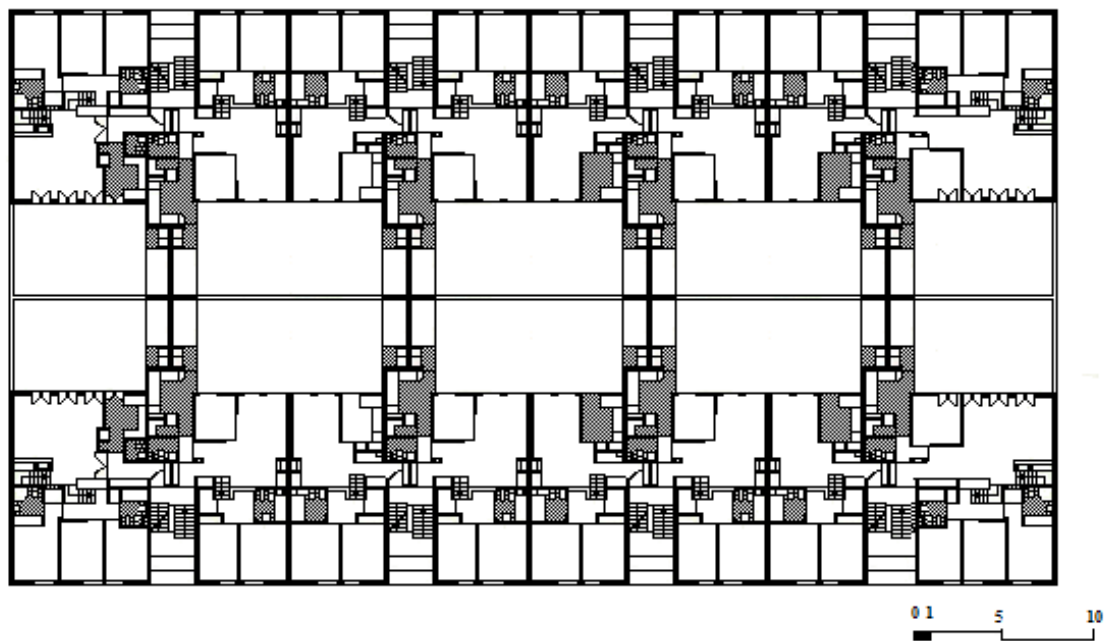


Fig. 26 – Planta do rés-do-chão [41]

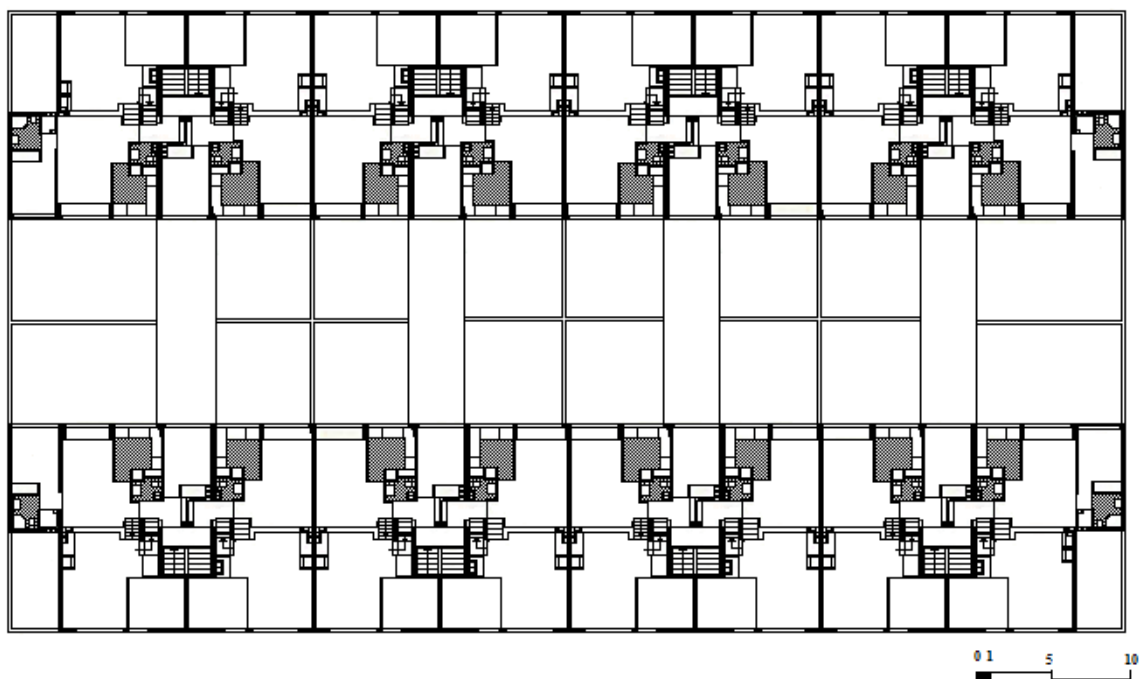


Fig. 27 – Planta do 1º Piso [41]



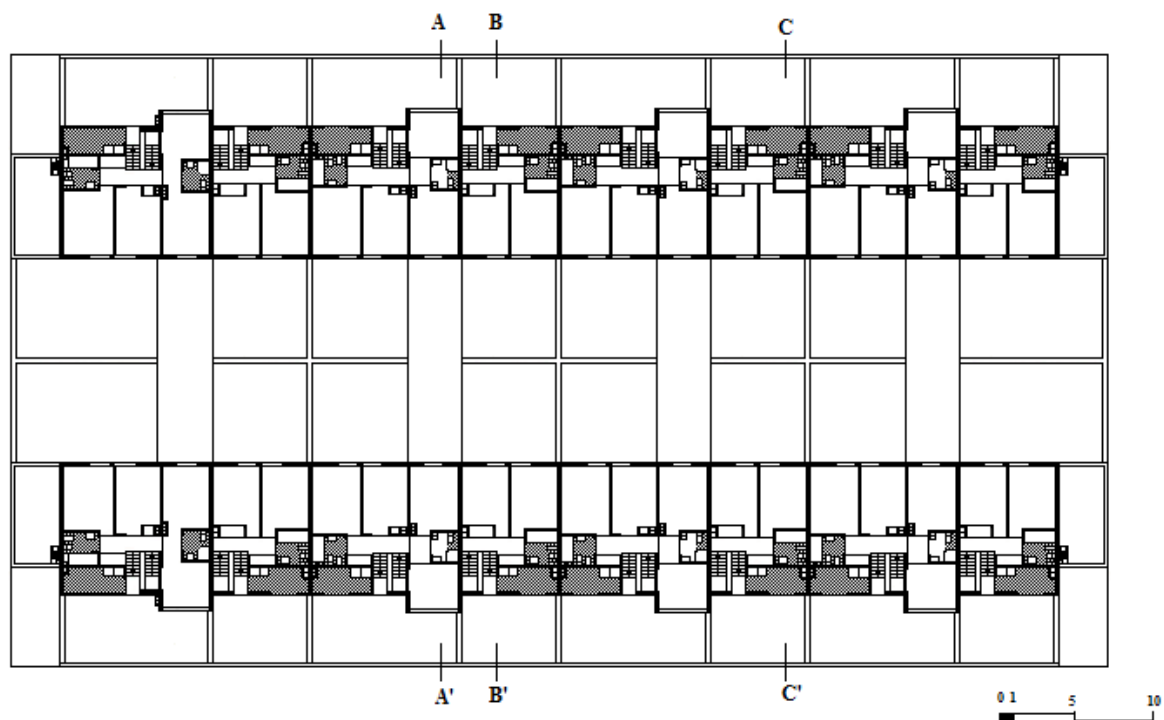


Fig. 28 – Planta do 2º Piso [41]

Para além das plantas, apresenta-se ainda na figura 29 e 30, respetivamente, os alçados pela rua e o alçado pelo logradouro.



Fig. 29 – Alçado pela rua [41]



Fig. 30 – Alçado pelo logradouro [41]

Por fim e com vista a completar ainda mais a compreensão daquilo que é a arquitetura dos edifícios que compõem este conjunto habitacional, apresentam-se nas figuras 31, 32 e 33, respetivamente os cortes transversais AA', BB' e CC' identificados na figura 28.

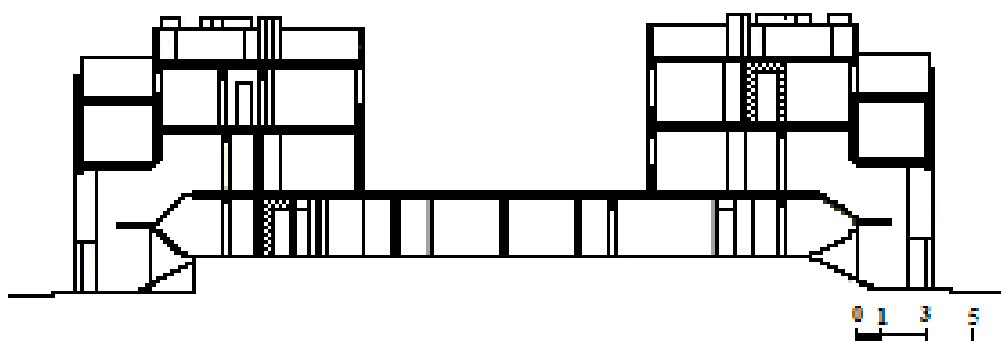


Fig. 31 – Corte transversal AA' [41]

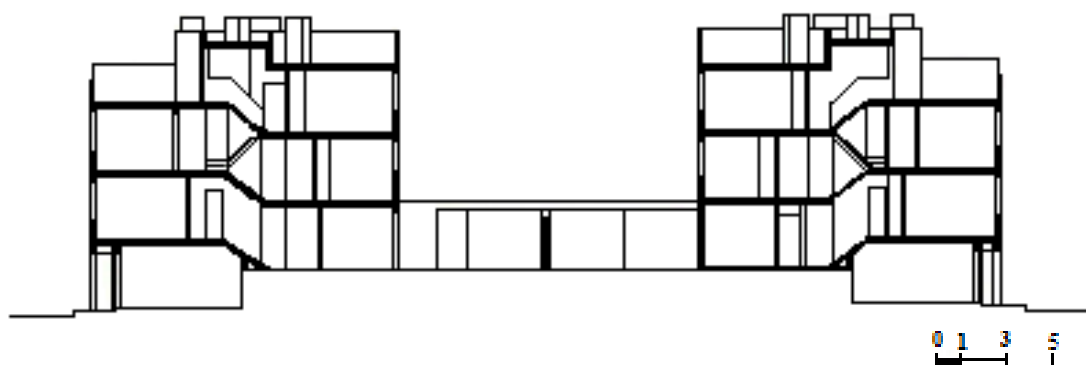


Fig. 32 – Corte transversal BB' [41]

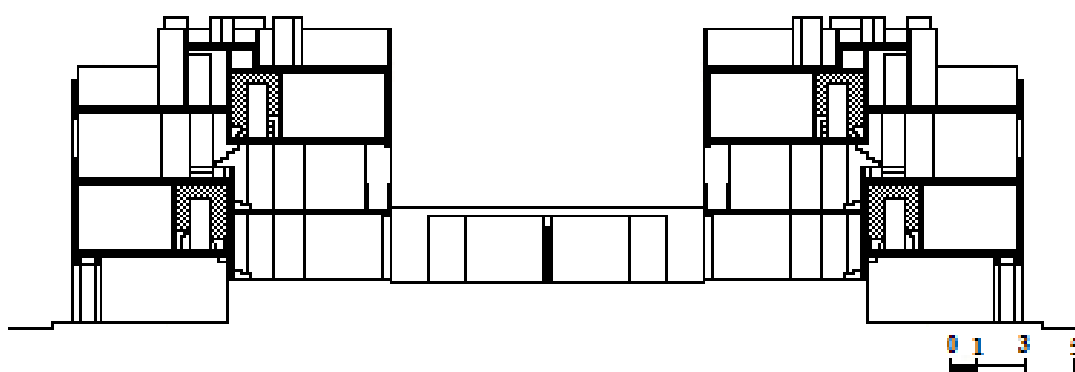


Fig. 33 – Corte transversal CC' [41]

### 5.1.3. ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Nos dados do projeto existiam alguns desenhos de pormenor que a seguir se apresentam. Uma análise detalhada aos desenhos de pormenor permitiu saber qual a constituição dos diversos elementos construtivos e desta forma determinar o seu coeficiente de transmissão térmica (U) que é um dado de extrema importância para a quantificação das necessidades energéticas do edifício.

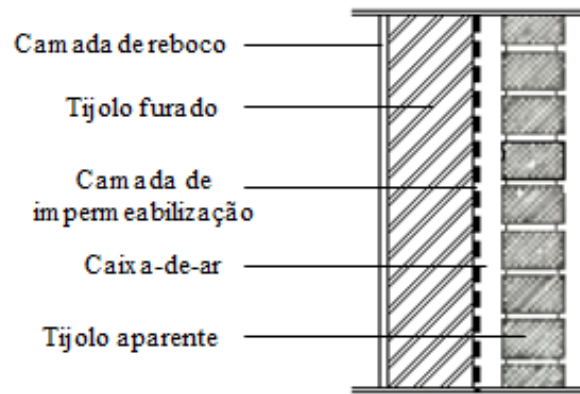


Fig. 34 – Desenho de pormenor das paredes exteriores

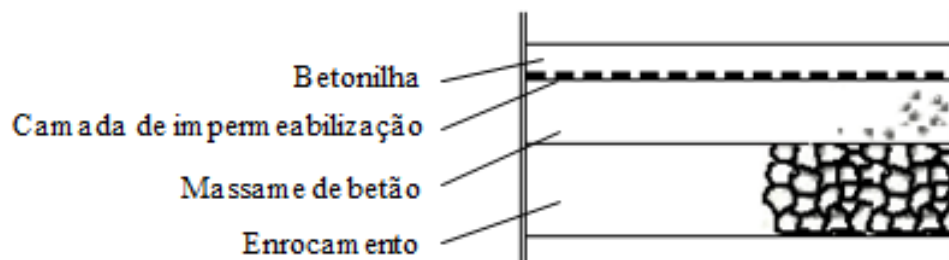


Fig. 35 – Desenho de pormenor do piso térreo

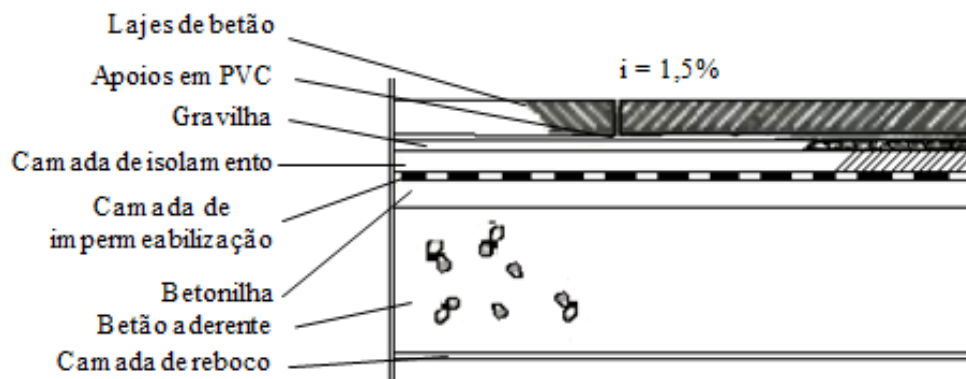


Fig. 36 – Desenho de pormenor da cobertura

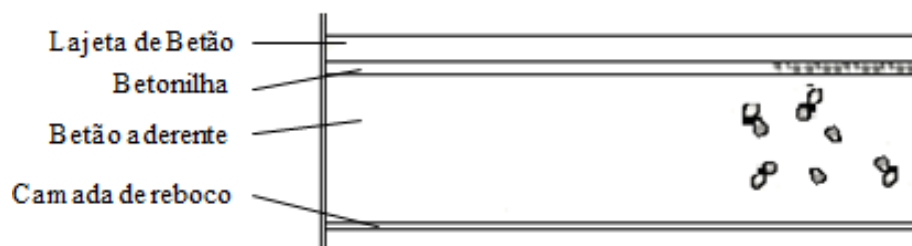


Fig. 37 – Desenho de pormenor das lajes intermédias

Depois de analisados e interpretados os desenhos de pormenor que anteriormente se apresentaram e recorrendo ao ITE 50 foram determinados, para cada um dos elementos, os respetivos coeficientes de transmissão térmica ( $U$ ) e ainda o coeficiente de transmissão térmica dos elementos envidraçados (constituídos por janelas com caixilharia em PVC e vidro simples de 5mm). Esses valores apresentam-se na tabela 8.

Tabela 8 – Coeficientes de transmissão térmica dos elementos

Elemento	$U$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]
Paredes exteriores	1,14
Pavimento térreo	0,78
Cobertura	0,7
Lajes intermédias	2,56
$U_{\text{wdn}}$ [ $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ]	
Vãos envidraçados	4,80

#### 5.1.4. OCUPAÇÃO

O conjunto habitacional, tal como já foi referido anteriormente destina-se única e exclusivamente à habitação. Na tabela 9 apresenta-se não só o número de apartamentos de cada tipologia mas também uma estimativa do número de habitantes que se rege pelo Despacho 15793-I/2013.

Tabela 9 – Número de apartamentos e habitantes do conjunto habitacional em estudo

Tipologia ( $T_n$ )	Nº de apartamentos ( $f$ )	Nº de Habitantes $f(n+1)$
T2	42	126
T3	14	56
T4	36	180
T5	36	216
Total	128	578

## 5.2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS DO CONJUNTO HABITACIONAL

### 5.2.1. INQUÉRITO REALIZADO AOS MORADORES

#### 5.2.1.1. Objetivo e conteúdo

No anexo 1, apresenta-se um inquérito realizado durante a elaboração deste trabalho aos moradores do conjunto habitacional em estudo, cujo principal objetivo visava recolher informações sobre os hábitos energéticos dos moradores.

Neste inquérito recolheram-se informações como:

- Tipo de ocupação do imóvel;
- Hábitos energéticos dos moradores;
- Tipo de equipamentos utilizados para satisfazer as necessidades de aquecimento e arrefecimento;
- Sistema de ventilação utilizado;
- Tipo de equipamento usado para a produção de água quente sanitária.

De salientar ainda que este inquérito foi realizado em contacto direto com os moradores o que permitiu recolher algumas faturas energéticas que se tornaram de extrema importância para a realização deste trabalho.

#### 5.2.1.2. Resultados

O inquérito, apresentado no ponto anterior, foi entregue aos moradores do Conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ª Fase” sendo que posteriormente foram recolhidos 20 desses inquéritos. De seguida apresentam-se os resultados dos inquéritos recolhidos.

No que diz respeito ao tipo de ocupação, como observável na figura 38, a resposta dos inquiridos foi unânime e os 20 responderam que o apartamento que ocupam é habitado permanentemente.

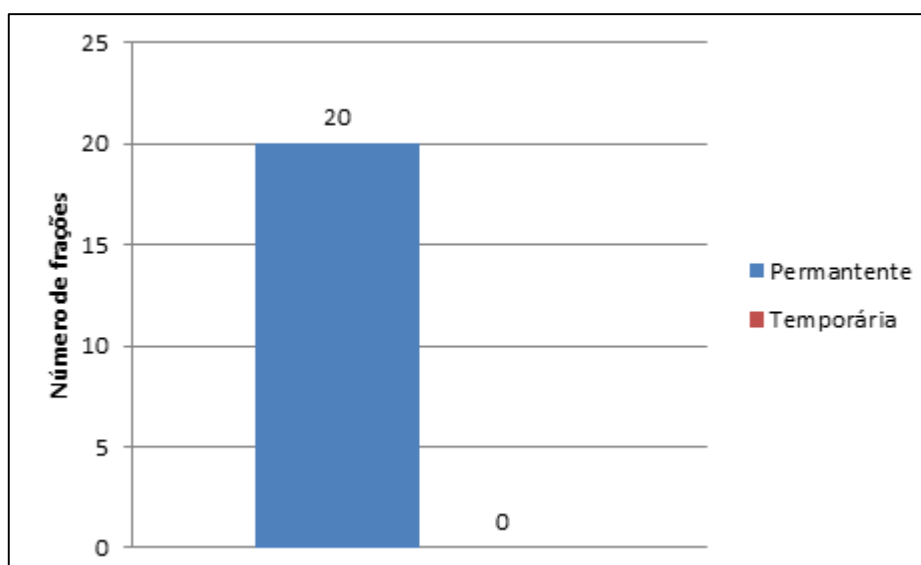


Fig. 38 – Tipo de ocupação do apartamento

No que refere ao tipo de equipamento utilizado no arrefecimento do ambiente interior a maioria dos inquiridos respondeu que não utiliza qualquer tipo de equipamento para esse fim. Na figura 39 pode observar-se ainda que os moradores que arrefecem o ambiente anterior fazem-no com recurso a sistemas de ar condicionado ou a ventoinhas.

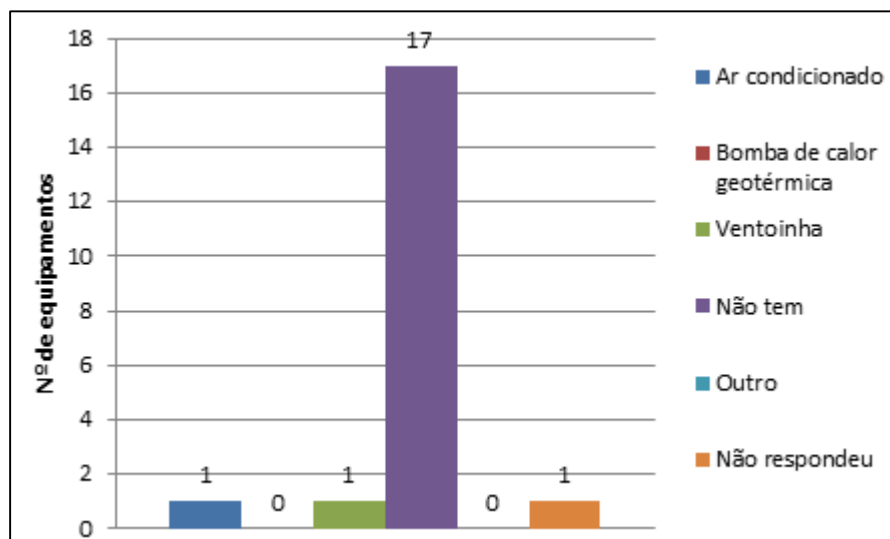


Fig. 39 – Tipo de equipamento utilizado no arrefecimento do ambiente interior

Por outro lado, ao contrário do que acontece com o tipo de equipamento utilizado para o arrefecimento do ambiente anterior, nenhum dos inquiridos respondeu que não tem qualquer tipo de equipamento para o aquecimento do ambiente interior. De facto, pode observar-se que a população residente neste conjunto habitacional tem o hábito de aquecer o ambiente interior. Na maioria dos casos, como se pode observar nos resultados apresentados na figura 40, fazem-no com recurso a sistemas de aquecimento central a gás, radiadores elétricos, irradiadores a óleo e ainda a outro tipo de equipamentos nomeadamente lareiras de fogo aberto.

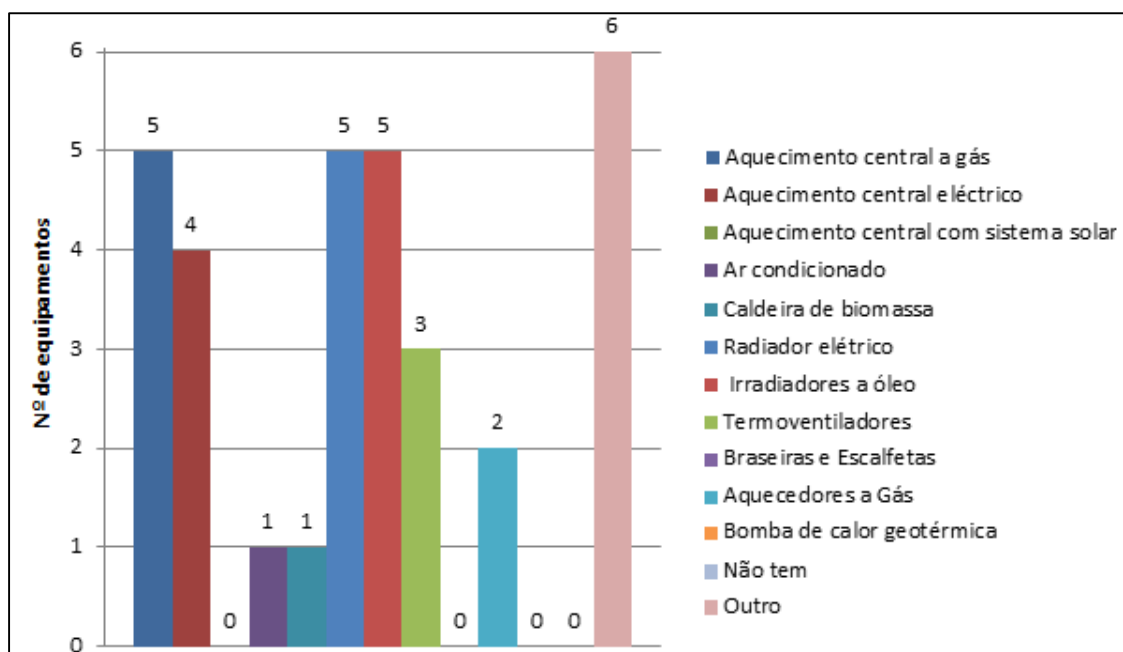


Fig. 40 – Tipo de equipamento utilizado no aquecimento do ambiente interior

O sistema de ventilação usado pela maior parte dos inquiridos é a ventilação natural. Dos 20 inquiridos apenas 3 deles responderam que a ventilação do apartamento que habitam se faz através de um sistema de ventilação mecânica (ver figura 41).

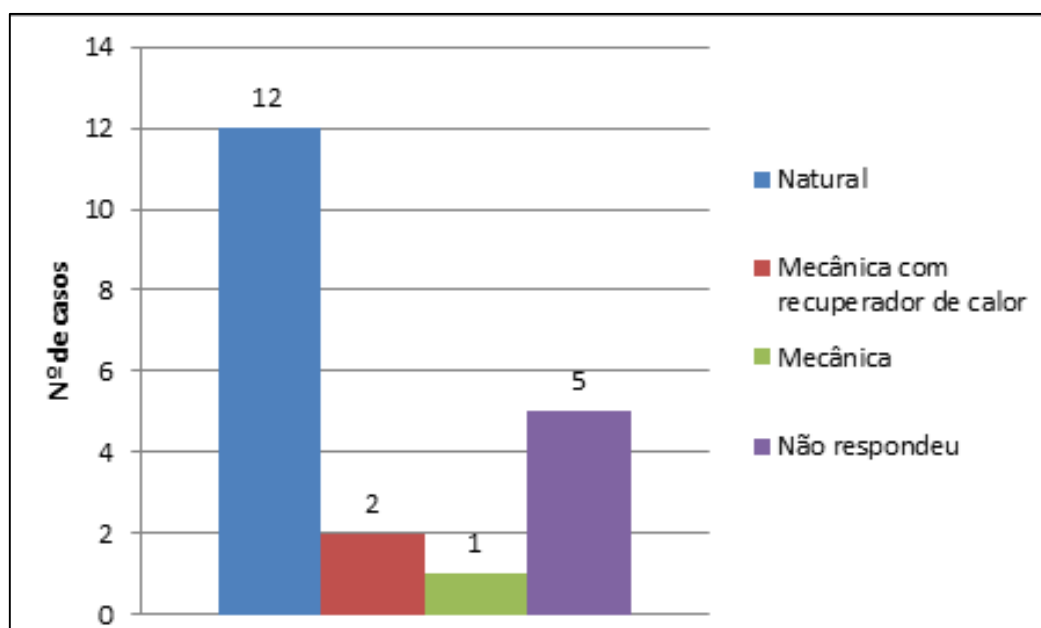


Fig. 41 – Sistema de ventilação utilizado

Por fim, no que respeita ao sistema utilizado para a produção de águas quentes sanitárias, como se observa na figura 42, 18 dos inquiridos responderam que o fazem com recurso a um esquentador a gás e 2 com recurso a termoacumulador elétrico.

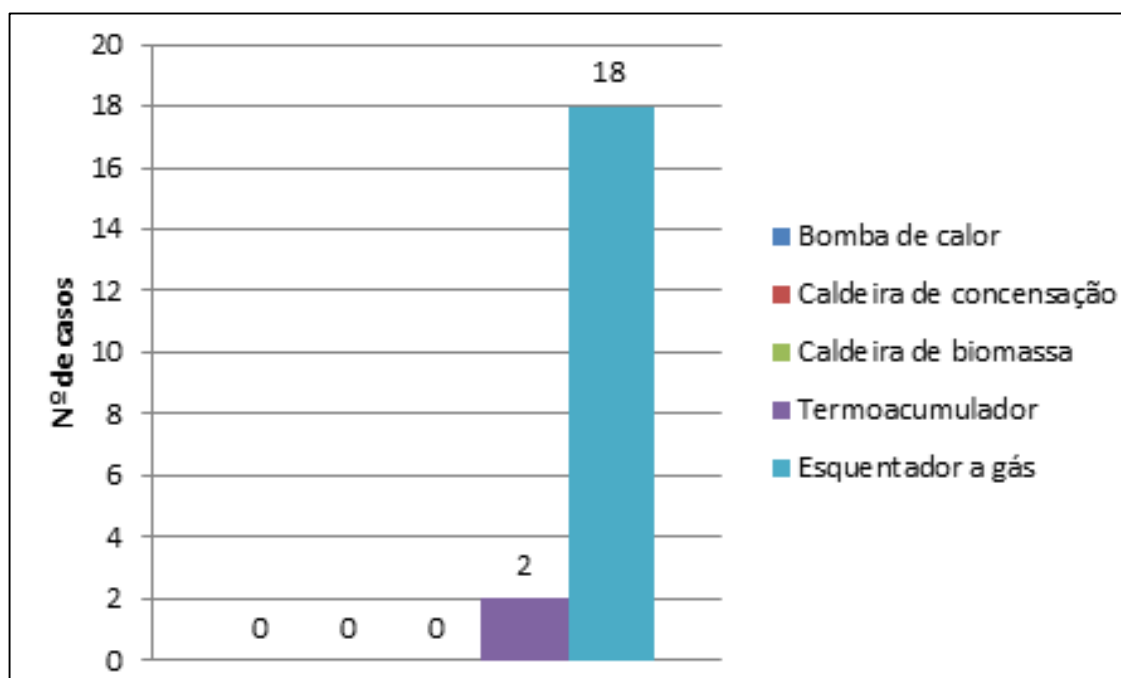


Fig. 42 – Tipo de equipamento utilizado na obtenção de AQS

### 5.2.2. METODOLOGIA PARA A DETERMINAÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS: FOLHA DE CÁLCULO

A quantificação das necessidades energéticas foi realizada com base numa folha de cálculo da aplicação do REH desenvolvida pelo ITeCons, instituto que foi criado em 2006 e foi colocado à disposição da Indústria de Construção e dos Materiais. Trata-se de uma associação sem fins lucrativos cujo principal objetivo visa promover a aproximação entre a Universidade de Coimbra e o mundo empresarial, conseguido através não só da prestação de serviços de Investigação e Ensaios mas também através da formação nos domínios da Construção, Energia e Ambiente [42].

Com a aprovação do Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto, o ITeCons desenvolveu e disponibilizou uma ferramenta de cálculo de aplicação do Regulamento de Desempenho Energético de Habitação (REH), não só a edifícios novos mas também a edifícios existentes que permite o preenchimento de toda a informação necessária à emissão de Pré-Certificados e Certificados Energéticos [43].

A Folha de cálculo desenvolvida por este instituto facilita assim a aplicação do REH uma vez que o cálculo de alguns valores é feito de forma automática. No entanto é necessária a introdução de alguns dados, enumerados adiante, que caracterizam o edifício/fração para a qual se pretende obter o Pré-Certificado ou Certificado Energético. Os dados a introduzir na folha de cálculo são:

1. Identificação geográfica:
  - Identificação geográfica do edifício ou fração autónoma
  - Coordenadas GPS
  - Tipo de Edifício
  - Natureza da emissão
2. Identificação do imóvel
  - Identificação do imóvel
  - Identificação registral
  - Identificação fiscal
  - Identificação municipal
  - Proprietário/promotor
  - Técnico responsável pelo Projeto
  - Técnico responsável pela Obra
  - Visita
3. Características do imóvel
  - Localização geográfica do edifício
  - Características do edifício
  - Características da fração
4. Levantamento dimensional
5. Envolvente exterior
  - Paredes exteriores



- Pavimentos exteriores
- Coberturas exteriores
- Vãos envidraçados exteriores
- Vãos opacos exteriores
- Pavimentos térreos
- Pavimentos enterrados
- Paredes enterradas
- Pontes térmicas Lineares exteriores

6. Envolvente interior

- Definição da envolvente interior
- Paredes interiores
- Pavimentos interiores
- Coberturas interiores
- Vãos envidraçados interiores
- Pontes térmicas lineares interiores

7. Ventilação

8. Sistemas técnicos

9. Balanço energético

No presente trabalho o objetivo não será a obtenção de Pré-Certificados ou Certificados Energéticos mas sim a obtenção dos valores das necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento e a respetiva classe energética.

### 5.2.3. QUANTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS

#### 5.2.3.1. Análise dos apartamentos



Fig. 43 – Vista aérea do Conjunto habitacional – Cooperativa Sache 2ª Fase

A figura 43 constitui uma vista aérea do conjunto habitacional da Cooperativa Sache – 2ª Fase que, como já referido anteriormente, é constituída por 8 edifícios intitulados de A1, A2, A3, A4, A5, A6, B1 e B2 sendo que cada um deles possui 16 apartamentos.

Com o intuito de reduzir o número de introdução de dados na folha de cálculo, procedeu-se a uma análise de todos os apartamentos e respetiva tentativa de os agrupar em conjuntos que possuíssem apartamentos iguais no que respeita a:

- Área de compartimentação;
- Área de fachadas e envidraçados;
- Pontes térmicas lineares;
- Coeficientes de transmissão térmica dos elementos.

Assim depois de feita a análise individual de cada apartamento, chegou-se à conclusão que seria possível a divisão destes em 16 grupos dos quais 3 são de tipologia T2, 3 de tipologia T3, 4 de tipologia T4 e por fim 6 de tipologia T5.

De seguida apresentam-se os respetivos grupos com os apartamentos que constituem cada um deles:

- Grupo 1: constituído pelos apartamentos nº 2, 4 e 6 do edifício A1, nº 18, 20 e 22 do edifício A2, nº 34, 36 e 38 do edifício A3, nº 66, 68 e 70 do edifício A4, nº 82, 84 e 86 do edifício A5 e nº 98, 100 e 102 do edifício A6.
- Grupo 2: constituído pelos apartamentos nº 3, 5 e 7 do edifício A1, nº 19, 21 e 23 do edifício A2, nº 35, 37 e 39 do edifício A3, nº 67, 69 e 71 do edifício A4, nº 83, 84 e 87 do edifício A5 e nº 99, 101 e 103 do edifício A6.

- Grupo 3: constituído pelos apartamentos nº 1 do edifício A1, nº 17 do edifício A2, nº 33 do edifício A3, nº 65 do edifício A4, nº 81 do edifício A5 e nº 97 do edifício A6.
- Grupo 4: constituído pelos apartamentos nº 8 do edifício A1, nº 24 do edifício A2, nº 40 do edifício A3, nº 72 do edifício A4, nº 88 do edifício A5 e nº 106 do edifício A6.
- Grupo 5: constituído pelos apartamentos nº 10, 12 e 14 do edifício A, nº 26, 28 e 30 do edifício A2, nº 42, 44 e 46 do edifício A3, nº 74, 76 e 78 do edifício A4, nº 90, 92 e 94 do edifício A5 e nº 106, 108 e 110 do edifício A6.
- Grupo 6: constituído pelos apartamentos nº 11, 13 e 15 do edifício A1, nº 27, 29 e 31 do edifício A2, nº 43, 45 e 47 do edifício A3, nº 75, 77 e 79 do edifício A4, nº 91, 93 e 95 do edifício A5 e nº 107, 109 e 111 do edifício A6.
- Grupo 7: constituído pelos apartamentos nº 9 do edifício A, nº 25 do edifício A2, nº 41 do edifício A3, nº 73 do edifício A4, nº 89 do edifício A5 e nº 105 do edifício A6.
- Grupo 8: constituído pelos apartamentos nº 16 do edifício A1, nº 32 do edifício A2, nº 48 do edifício A3, nº 80 do edifício A4, nº 96 do edifício A5 e nº 112 do edifício A6.
- Grupo 9: constituído pelos apartamentos nº 50, 52 e 54 do edifício B1 e nº 114, 116 e 118 do edifício B2.
- Grupo 10: constituído pelos apartamentos nº 49 do edifício B1 e nº 113 do edifício B2.
- Grupo 11: constituído pelos apartamentos nº 51, 53 e 55 do edifício B1 e nº 115, 117 e 119 do edifício B2.
- Grupo 12: constituído pelos apartamentos nº 56 do edifício B1 e nº 120 do edifício B2.
- Grupo 13: constituído pelos apartamentos nº 58, 60 e 62 do edifício B1 e nº 122, 124 e 126 do edifício B2.
- Grupo 14: constituído pelos apartamentos nº 57 do edifício B1 e nº 121 do edifício B2.
- Grupo 15: constituído pelos apartamentos nº 59, 61 e 63 do edifício B1 e nº 123, 125 e 127 do edifício B2.
- Grupo 16: constituído pelos apartamentos nº 64 do edifício B1 e nº 128 do edifício B2.

De salientar ainda que dentro de cada grupo existem apartamentos que diferem no que diz respeito às orientações das fachadas e respetivos envidraçados, facto de enorme relevância na determinação das necessidades energéticas. Sendo que são completamente idênticas, dentro de cada grupo, os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6, os dos edifícios A2 e A5 e os dos edifícios B1 e B2.

## 5.2.3.2. Introdução de dados na folha de cálculo

Depois de analisados e agrupados, os diversos apartamentos e tendo em conta as respetivas orientações das fachadas e vãos envidraçados, introduziram-se na folha de cálculo os dados referentes a cada um dos grupos de forma a obter as necessidades energéticas de aquecimento e arrefecimento e a respetiva classe energética.

Para que melhor se compreenda como é feita essa introdução de dados é apresentado a seguir o exemplo da folha de cálculo aplicada ao apartamento nº1 do edifício A1 pertencente ao Grupo 3.

Em primeiro lugar foram introduzidos os dados referentes à identificação geográfica de forma a caracterizar o local de implantação do imóvel em análise, de seguida foram introduzidos, como mostra a figura 44, os valores quer da área quer do pé direito de cada um dos diferentes compartimentos que constituem o apartamento.

Levantamento Dimensional				
Divisão	Área (m <sup>2</sup> )	Pé Direito (m)	% Área	Volume (m <sup>3</sup> )
Sala	32,50	2,40	29,7	78,00
Cozinha	9,21	2,40	8,4	22,10
Quarto 1	8,12	2,40	7,4	19,49
Quarto 2	11,55	2,40	10,5	27,72
Quarto 3	10,00	2,40	9,1	24,00
Quarto 4	9,20	2,40	8,4	22,08
Sanitário 1	2,55	2,40	2,3	6,12
Sanitário 2	1,85	2,40	1,7	4,44
Quarto de Banho	3,74	2,40	3,4	8,98
Lavandaria	2,15	2,40	2,0	5,16
Circulação	11,14	2,40	10,2	26,74
Despensa	7,50	2,40	6,8	18,00
TOTAL	109,510	2,400	100,0	262,82

Fig. 44 – Levantamento dimensional da fração

Realizado o levantamento dimensional introduzem-se uma série de dados que descrevem a envolvente exterior do apartamento, nomeadamente dados como áreas e orientações de paredes e vãos envidraçados bem como os respetivos coeficientes de transmissão térmica. Nas figuras 45, 46 e 47 pode observar-se como é feita essa introdução dos dados referidos anteriormente.

Envolvente exterior								
Paredes Exteriores - Soluções correntes e pontes térmicas planas								
Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução						
Solução Corrente	Parede Exterior - Tipo 1	Parede dupla sem isolamento térmico						
Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada						U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Parede Exterior - Tipo 1	Paredes duplas em alvenaria s/ isolamento térmico						1,11
Designação do Tipo de Solução	Orientação	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	U referência (W/m <sup>2</sup> .°C)	U máximo (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDE1	Norte		48,60	2,37	1,11	45,63	0,50	1,75
PDE1	Este		23,22	3,60	1,11	13,62	0,50	1,75
PDE1	Oeste		24,83	5,04	1,11	19,85	0,50	1,75

Fig. 45 – Introdução de dados que caracterizam a envolvente exterior

Vãos Envidraçados Exteriores

Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Janela	Tipo de solução caixilharia 1
Envidraçado Exterior - Tipo 1	Simplex	Caixilharia metálica sem corte térmico com vidro simples

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada
VE1	Envidraçado Exterior - Tipo 1	Vidro simples incolor (5mm)

(continuação)

Designação do Tipo de Solução	Uwdn (W/m².°C)	URef (W/m².°C)	Área (m²)	g⊥,vi	gT
VE1	4,80	2,90	17,82	0,87	0,07

Fig. 46 – Introdução de dados do tipo de vidro e respetivo coeficiente de transição térmica

ID vão	Divisão	Designação do tipo de solução	Orientação	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	Classe SEEP	ID SEEP	gT corrigido	Área do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	Área de envidraçada do compartimento que serve (m <sup>2</sup> )	gTmax	A <sub>env</sub> < 5% A <sub>pav</sub>
1	Sala	VE1	Este	7,20			0,07	32,50	7,20	0,38	Não
2	Cozinha	VE1	Norte	2,40			0,07	3,21	0,00	-	Sim
3	Quarto 1	VE1	Este	2,40			0,07	8,12	2,40	0,28	Não
4	Quarto 2	VE1	Oeste	1,68			0,07	11,55	1,68	0,56	Não
5	Quarto 3	VE1	Oeste	1,68			0,07	10,00	1,68	0,50	Não
6	Sanitário 1	VE1	Norte	0,57			0,07	2,55	0,00	-	Sim
7	Despenza	VE1	Oeste	1,68			0,06	7,50	1,68	0,38	Não

Fig. 47 – Introdução de dados da área envidraçada e respetiva orientação de cada compartimento

Na caracterização da envolvente exterior, caso existam é ainda necessário introduzir dados acerca dos vãos opacos exteriores, pavimentos e paredes enterrados e coberturas, que no caso do apartamento em análise não existiam. Ainda é necessária a introdução de dados acerca dos pavimentos térreos (ver figura 48 e 49) e das pontes térmicas lineares exteriores (ver figura 50).

Pavimentos Térreos					
Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução				
Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento sem isolamento térmico				
Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	Área (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVT1	Pavimento Térreo - Tipo 1	Pavimento térreo sem isolamento térmico	65,23	0,78	0,50

Fig. 48 – Introdução de dados I acerca de pavimentos térreos

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(vi)}$ ?									2,0	W/(m.°C)
<sup>(vi)</sup> A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0$ W/(m.°C) se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.										
<sup>(vii)</sup> Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z <sub>s0</sub> ) com ou sem isolamentos térmico perimetral.										
PAVIMENTOS TÊRREOS (z <sub>s0</sub> ) <sup>(vii)</sup>	Área	R <sub>f</sub>	Perímetro Exposto P	Espessura da parede exposta w	Isolamento Perimetral?	Horizontal ou Vertical?	Espessura do Isol. dn	Extensão de Isol. D	U <sub>f,eq</sub>	U <sub>f,eq,REF</sub>
Descrição	m²	m².°C/W	m	(m)			m	m	W/m².°C	W/m².°C
PVT1	65,23	0,31	46,69	0,38	Não				0,78	0,50
									-	

Fig. 49 – Introdução de dados II acerca de pavimentos térreos

TIPO DE LIGAÇÃO ENTRE ELEMENTOS	Comp. B <sup>(viii)</sup> m	Cálculo de acordo com?	$\Psi$ calculado W/m. <sup>2</sup> C	Informações adicionais		$\Psi$ W/m. <sup>2</sup> C	$\Psi_{REF}$ W/m. <sup>2</sup> C
Fach. com pavimentos térreos	20,20	Catálogo	0,70	-		0,70	0,5
Fach. com pavimento sobre o exterior ou ENU	24,59	Catálogo	0,70	Isol. sob/sobre o pavimento?	Sem isolamento	0,70	0,5
Fachada com caixilharia	50,68	Catálogo	0,30	Isol. contacta com a caixilharia?	Não contacta	0,30	0,2
Zona da caixa de estores	25,68	Catálogo	0,30	-		0,30	0,2
Duas paredes verticais em ângulo saliente	7,20	Catálogo	0,50	-		0,50	0,4
Fachada com pavimento intermédio	20,20	Catálogo	0,70	-		0,70	0,5
				-		-	-

Fig. 50 – Introdução de dados acerca de pontes térmicas lineares exteriores

Feita a introdução de dados que caracterizam a envolvente exterior da fração procede-se á introdução dos dados que caracterizam a envolvente interior.

Em primeiro lugar é necessário identificar quais os espaços não úteis, calcular para cada espaço a razão entre o somatório das áreas dos elementos que separam o interior útil do espaço não útil ( $A_i$ ) e o somatório das áreas dos elementos que separam o espaço não-útil do ambiente exterior ( $A_u$ ), o volume do espaço não útil e ainda o tipo de ventilação a que esse espaço está sujeito e introduzir os dados como representado na figura 51. Depois de introduzidos estes valores será automaticamente calculado o valor do coeficiente de redução de perdas ( $b_{tr}$ ) para cada espaço não-útil através do ponto 11.2 do Despacho n.º 15793-K/2013 (ver tabela 10). De salientar que o valor do coeficiente de redução de perdas dos edifícios adjacentes assume o valor de 0,6 devido ao ponto 11.2 do Despacho n.º 15793-K/2013

Tabela 10 – Coeficientes de redução de perdas de espaços não úteis ( $b_{tr}$ ) [21]

$b_{tr}$	Venu≤50m3		50m3<Venu≤200m3		Venu>200m3	
	f	F	f	F	f	F
$A_i/A_u < 0,5$	1,0		1,0		1,0	
$0,5 \leq A_i/A_u < 1$	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	1,0
$1 \leq A_i/A_u < 2$	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8	1,0
$2 \leq A_i/A_u < 4$	0,4	0,7	0,5	0,9	0,6	0,9
$A_i/A_u \geq 4$	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	0,8

Envolvente Interior						
Definição da Envolvente Interior						
ESPAÇO NÃO-ÚTIL	Cálculo do btr de acordo com a norma 13789?	b <sub>tr</sub> calculado	A <sub>i</sub> /A <sub>e</sub>	Volume do ENU m <sup>3</sup>	Ventilação (x)	b <sub>tr</sub>
Edifício Adjacente			-	-	-	0,60
Lavandaria	Não		$1 \leq A_i/A_e < 2$	$V \leq 50$	Forte	0,80
Caixa de escadas	Não		$0.5 \leq A_i/A_e < 1$	$50 < V \leq 200$	Forte	1,00
Garagem 1	Não		$A_i/A_e < 0.5$	$V \leq 50$	Forte	1,00
Garagem 2	Não		$A_i/A_e < 0.5$	$V \leq 50$	Forte	1,00
						-

Fig. 51 – Introdução de dados acerca de espaços não-úteis

De seguida, tal com acontece com a introdução de dados da envolvente exterior, também na envolvente interior é necessário introduzir dados que caracterizem as paredes, os pavimentos, as coberturas, os vãos envidraçados e as pontes térmicas lineares interiores. No caso em análise apenas se introduziram dados para as paredes interiores (ver figura 52) e para os pavimentos interiores (ver figura 53).

Envolvente Interior									
Paredes interiores - Soluções correntes, pontes térmicas planas e vãos opacos									
Parede interior, Ponte Térmica Plana ou Vão Opaco?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução							
Solução Corrente	Parede Interior - Tipo 1	Parede simples de alvenaria composta de tijolo maciço ou perfurado							
Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada						U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	
PDI1	Parede Interior - Tipo 1	Parede de tijolo (11 cm)						0,77	
Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	b <sub>tr</sub>	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área (m <sup>2</sup> )	Área envidraçada (m <sup>2</sup> )	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	U <sub>Ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)	U <sub>Máx</sub> (W/m <sup>2</sup> .°C)
PDI1	Caixa de escadas	0,90		9,48	0,00	0,77	9,48	0,50	1,75
PDI1	Garagem 1	1,00		7,20	0,00	0,77	7,20	0,50	1,75

Fig. 52 – Introdução de dados que caracterizam a envolvente interior



Pavimentos Interiores - Soluções correntes e pontes térmicas planas			
Solução corrente ou Ponte Térmica Plana?	Identificação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	
Solução Corrente	Pavimento Interior Tipo 1	Pavimento sem isolamento térmico	

Designação do Tipo de Solução	Tipo de Solução	Descrição Detalhada	U Solução (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	Pavimento Interior - Tipo 1	Laje intermédia	2,56

Designação do Tipo de Solução	Espaço não útil	btr	Qual a solução corrente adjacente associada?	Área Total (m <sup>2</sup> )	Udesc (W/m <sup>2</sup> .°C)	URef (W/m <sup>2</sup> .°C)	UMáx (W/m <sup>2</sup> .°C)
PVI1	Garagem 1	1,00		14,2	2,56	0,40	1,25
PVI1	Garagem 2	1,00		13,5	2,56	0,40	1,25

Fig. 53 – Introdução de dados referentes aos pavimentos interiores

No que respeita aos dados introduzidos na folha de cálculo, figura 54, referentes à ventilação esses dados são introduzidos de acordo com a folha de cálculo desenvolvida pelo LNEC, Aplicação LNEC-Ventilação REH e RECS.

Ventilação			
Sistema de Ventilação	Não cumpre a norma 1037-1		
Foi medido o valor $n_{50}$ ?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não		
Tem aberturas de admissão de ar na fachada?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não		
Existem condutas de ventilação natural sem obstruções significativas?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não		
Qual o tipo de escoamento de ar?	Admissão e Exaustão		
Existem meios mecânicos?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não		
Existem meios híbridos?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não		
É possível efetuar arrefecimento noturno com janelas?	<input type="radio"/> Sim <input checked="" type="radio"/> Não		
Rph Estimada (h <sup>-1</sup> )	Rph mínimo (h <sup>-1</sup> )	Rph, i (h <sup>-1</sup> )	Rph, v (h <sup>-1</sup> )
Efectuar o cálculo na ferramenta desenvolvida pelo LNEC designada " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"			
0,40	0,40	0,40	0,60
Descrição da Solução de Ventilação			Caract. restantes
			276

Exportação/Importação de dados para a APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS

Fig. 54 – Introdução de dados referentes à ventilação

Por fim depois de introduzidos todos os dados que caracterizam o apartamento que se pretende analisar, é disponibilizado um conjunto de resultados como observável na figura 55. De salientar que, tal como já foi referido anteriormente, no presente trabalho apenas se vão analisar a classe energética e as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento.

Balanço energético				
Indicadores energéticos				
Sigla	Descrição	Valor	Referência	
Nic	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	60,15	46,89	
Nvc	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	6,49	9,13	
Qa	Energia útil para preparação de água quente sanitária (kWh/ano)	2972	2972	Ntc/Nt
Wvm	Energia elétrica necessária ao funcionamento dos ventiladores (kWh/ano)	0,00		1,16
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0		Classe Energética
Eren,ex	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)	0,00		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária (kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .ano)	227,59	196,78	C

Fig. 55 – Resultados obtidos através da folha de cálculo

### 5.2.3.3. Resultados

Nas tabelas 11, 12 e 13 apresentam-se os resultados das necessidades energéticas anuais de aquecimento e arrefecimento e ainda a classe energética de cada uma das frações que constituem o conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ª Fase”.

Pela observação dos resultados apresentados nas tabelas observa-se que a classificação energética dos apartamentos divide-se entre as categorias C e B<sup>-</sup>, situação que já era esperada uma vez que na altura da construção do conjunto habitacional em estudo o regulamento térmico ainda não era tão rigoroso como nos dias de hoje e a questão das classes energéticas não existia.

No que respeita aos apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6, os resultados apresentados na tabela 11, revelam que os dos grupos 1, 2, 3 e 4, por se localizarem no rés-do-chão e em contacto com o terreno e com a garagem (espaço não útil), apresentam necessidades de aquecimento superiores aos apartamentos dos restantes grupos e em contrapartida necessidades de arrefecimento menores pelo facto de os ganhos solares pela cobertura serem muito menores do que nos apartamentos dos grupos 5, 6, 7 e 8.

É ainda constatável que nos apartamentos dos grupos 5, 6, 7 e 8 o valor das necessidades energéticas de arrefecimento não respeita o valor de referência uma vez que estes apartamentos apresentam muitos ganhos de calor que ocorrem através da cobertura.

Tabela 11 – Resultados para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento (kWh/ m <sup>2</sup> .ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento (kWh/ m <sup>2</sup> .ano)		Área de Pavimento (m <sup>2</sup> )	Classe Energética
	Valor teórico	Valor referência	Valor teórico	Valor referência		
Grupo 1	58,51	46,05	7,02	9,13	60,40	C
Grupo 2	46,77	38,90	7,63	9,13	78,23	C
Grupo 3	60,19	46,89	6,49	9,13	109,51	C
Grupo 4	64,47	52,97	7,49	9,13	94,95	C
Grupo 5	36,45	43,62	17,33	9,13	119,25	B <sup>-</sup>
Grupo 6	30,53	39,13	17,06	9,13	109,65	B <sup>-</sup>
Grupo 7	47,32	49,83	14,92	9,13	123,04	B <sup>-</sup>
Grupo 8	47,54	51,97	16,86	9,13	134,00	B <sup>-</sup>

No que se refere aos resultados dos edifícios A2 e A5, apresentados na tabela 12, tal como acontece com os restantes edifícios intitulados com a letra A também nestes, devido aos ganhos solares pela cobertura, os apartamentos localizados nos pisos superiores (grupos 5, 6, 7 e 8) apresentam necessidades de arrefecimento mais elevadas e necessidades de aquecimento mais baixas comparativamente com os apartamentos que se localizam no rés-do-chão (grupos 1, 2, 3 e 4).

Tabela 12 – Resultados para os apartamentos dos edifícios A2 e A5

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento (kWh/ m <sup>2</sup> .ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento (kWh/ m <sup>2</sup> .ano)		Área de pavimento (m <sup>2</sup> )	Classe Energética
	Valor teórico	Valor referência	Valor teórico	Valor referência		
Grupo 1	49,63	39,02	7,89	9,13	60,40	C
Grupo 2	37,00	35,74	8,00	9,13	78,23	C
Grupo 3	49,34	43,04	8,23	9,13	109,51	C
Grupo 4	54,68	44,10	8,02	9,13	94,95	C
Grupo 5	36,46	43,63	17,33	9,13	119,25	B <sup>-</sup>
Grupo 6	30,49	39,09	17,07	9,13	109,65	B <sup>-</sup>
Grupo 7	50,68	53,51	16,87	9,13	123,04	B <sup>-</sup>
Grupo 8	51,27	53,47	15,99	9,13	134,00	B <sup>-</sup>

Por último no caso dos edifícios B1 e B2 (resultados apresentados na tabela 13) os apartamentos que se encontram sobre as garagens são os apartamentos superiores que contactam com a cobertura do edifício (grupos 13, 14, 15 e 16), pelo que facilmente se compreende o facto destes possuírem maiores necessidades quer de aquecimento quer de arrefecimento quando comparadas com os apartamentos dos grupos 9, 10, 11 e 12 que se situam no rés do chão.

Tabela 13 – Resultados para os apartamentos dos edifícios B1 e B2

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento (kWh/ m <sup>2</sup> .ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento (kWh/ m <sup>2</sup> .ano)		Área de pavimento (m <sup>2</sup> )	Classe Energética
	Valor teórico	Valor referência	Valor teórico	Valor referência		
Grupo 9	23,09	29,42	10,35	9,13	72,07	B-
Grupo 10	34,68	44,62	10,79	9,13	131,24	B-
Grupo 11	25,85	37,88	11,15	9,13	92,37	B-
Grupo 12	41,49	44,02	9,69	9,13	102,5	B-
Grupo 13	56,91	48,23	14,25	9,13	103,11	C
Grupo 14	76,36	61,53	13,90	9,13	117,04	C
Grupo 15	63,32	52,45	13,62	9,13	104,34	C
Grupo 16	73,16	59,13	13,87	9,13	115,81	C

#### 5.2.3.4. Comparação das necessidades energéticas de aquecimento calculadas com as necessidades energéticas de aquecimento reais

No presente ponto deste documento pretende fazer-se uma comparação entre as necessidades energéticas de aquecimento calculadas anteriormente através da folha de cálculo e aquele que é o consumo real de energia, por parte dos moradores, para dar resposta a essas mesmas necessidades.

Para que essa comparação fosse possível focaram-se as atenções para a habitação 1 do edifício A1, não só por ser o apartamento utilizado como exemplo para demonstrar a aplicação da folha de cálculo mas também por se tratar de um apartamento para o qual se possuía a informação do consumo energético no ano de 2014.

Antes de proceder à comparação dos valores foi necessário saber o tipo de equipamentos utilizados no apartamento. Assim, recorrendo ao inquérito realizado aos moradores, constatou-se que no que se refere ao sistema de arrefecimento do ambiente interior não é utilizado qualquer tipo de equipamento, por sua vez no que se refere ao aquecimento do ambiente interior e à produção de AQS estes são conseguidos com recurso a radiadores a óleo e a esquentador a gás, respetivamente. Por fim no que diz respeito ao sistema de ventilação, trata-se de ventilação natural.

Na figura 56 apresenta-se, para o apartamento em análise, o consumo real de energia desde o dia 17 de Janeiro de 2014 ao dia 8 de Janeiro de 2015 no valor de 9768 kWh/ano. Como não é possível

determinar com exatidão qual a energia que foi consumida para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento procurou fazer-se uma aproximação desse consumo.

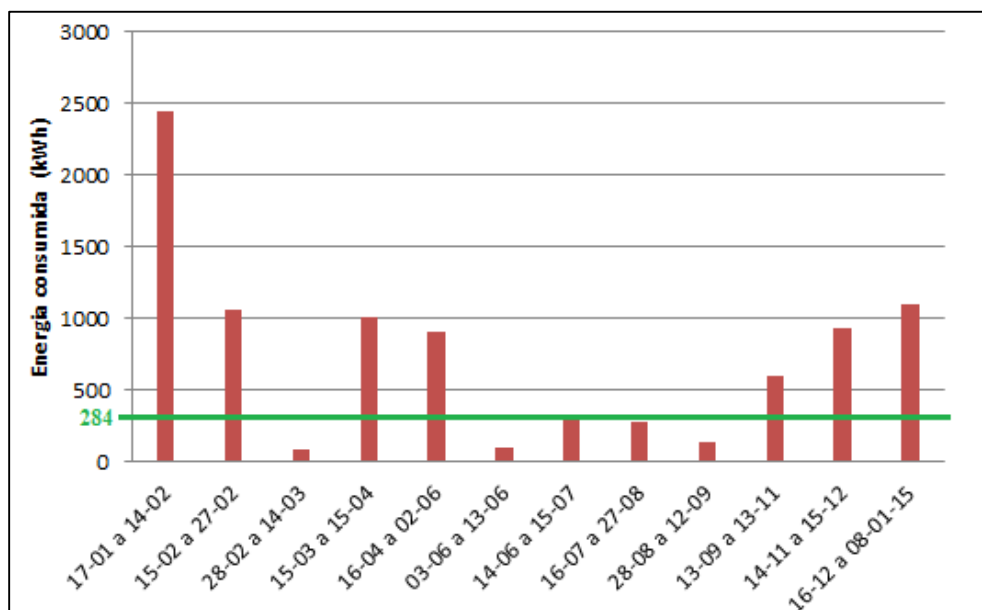


Fig. 56 – Consumo real de energia do apartamento 1 do edifício A1 para o ano de 2014

É sabido que no período de 3 de Junho a 12 de Setembro, período de Verão, não faz qualquer tipo de sentido aquecer o ambiente interior, isto devido às elevadas temperaturas que o clima mediterrânico apresenta nessa altura do ano. Assim, como neste apartamento não existe qualquer tipo de equipamento elétrico de arrefecimento e ventilação, facilmente se compreende que a energia consumida é utilizada para a satisfação das necessidades do dia-a-dia dos moradores, como por exemplo lavagem de roupa e tarefas alimentares. Considerando então que o valor da energia consumida para a satisfação das necessidades pessoais é de, no máximo, 284 kWh (linha representada a verde na figura 56) o consumo energético para satisfazer apenas as necessidades de aquecimento, apresentado na figura 57 para os diferentes meses, é em média de 6 360 kWh/ano.

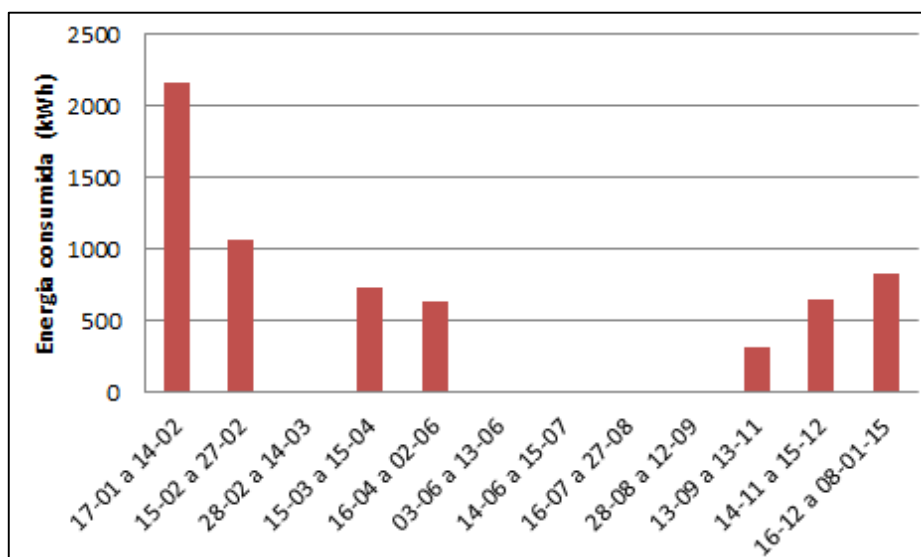


Fig. 57 – Consumo energético para satisfação das necessidades energéticas de aquecimento do apartamento 1 do edifício A1 no ano de 2014

Como já apresentado anteriormente na tabela 11, aquele que seria o consumo anual teórico de energia para satisfazer as necessidades energéticas de aquecimento, para o apartamento 1 do edifício A1 (Grupo 3), é de 60,19 kWh/ano/m<sup>2</sup> o que equivale a cerca de 6 591 kWh/ano. Este valor teórico como já seria de esperar não vai de encontro aos 6 360 kWh/ano de energia que é na realidade consumido para o efeito, contudo é bastante próximo.

# 6

## PROPOSTA DE INTERVENÇÃO NO CONJUNTO HABITACIONAL

### “Cooperativa Sache- 2ª Fase”

#### 6.1. PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

No presente capítulo será realizada uma proposta de intervenção, ainda que com um estudo muito preliminar, cujo objetivo principal visa essencialmente saber se será ou não viável a intervenção no conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ª Fase” incorporando o conceito de *Net/Nearly Zero Energy Community*.

Na atual situação mundial, devido à crise que se atravessa, não faz sentido intervir na totalidade dos elementos construtivos dos edifícios uma vez que o valor desta intervenção conjugado com o valor do investimento em sistemas de produção de energia seria de uma ordem de grandeza bastante elevada que dificilmente seria conseguido sem recurso a financiamentos.

Tendo em conta a situação referida anteriormente a intervenção a realizar passaria pelas seguintes propostas:

- Colocação de teto falso com isolamento térmico nos tetos das garagens;
- Injeção de material isolante na caixa-de-ar das fachadas dos edifícios;
- Substituição da iluminação atual por iluminação LED;
- Substituição dos equipamentos atuais como por exemplo, máquinas de lavar roupa, frigorífico e micro-onda por equipamentos mais eficientes de classe energética A<sup>+</sup> uma vez que durante a realização dos inquéritos se constatou que os equipamentos atuais seriam já antigos e portanto de classes energéticas inferiores a B;
- Instalação de um sistema solar térmico para a produção de AQS;
- Instalação de sistema solar fotovoltaico capaz de produzir energia suficiente para satisfazer as necessidades energéticas do conjunto habitacional.

Antes de se analisar as propostas mencionadas anteriormente, apresenta-se nas tabelas 14, 15 e 16, uma estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de cada apartamento do conjunto habitacional. Para a estimativa desse consumo foi utilizado como referencia o apartamento 1 do edifício A1 (Grupo 3), para o qual, como já referido anteriormente, se possui a fatura energética do ano de 2014.

Como se viu anteriormente no ponto 5.2.2.1, o consumo teórico obtido através da folha de cálculo é de 6 591 kWh/ano e o consumo que é realmente efetuado por parte dos moradores é de 6 360 kWh/ano, o

que equivale a uma satisfação de 96,5% das necessidades energéticas de aquecimento. Assim assumiu-se que nos restantes apartamentos a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento era igualmente de 96,5%. Deve referir-se no entanto que esta estimativa poderá não ir de encontro à realidade não sendo este apartamento representativo do que se passa na totalidade do conjunto habitacional.

Tabela 14 – Estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento dos apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)	Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)	Nº de apartamentos do grupo
Grupo 1	3 534	3 410	3
Grupo 2	3 659	3 531	3
Grupo 3	6 591	6 360	1
Grupo 4	6 121	5 907	1
Grupo 5	4 347	4 195	3
Grupo 6	3 348	3 230	3
Grupo 7	5 822	5 618	1
Grupo 8	6 370	6 147	1

Tabela 15 – Estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento dos apartamentos dos edifícios A2 e A5

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)	Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)	Nº de apartamentos do grupo
Grupo 1	2 998	2 893	3
Grupo 2	2 895	2 794	3
Grupo 3	5 403	5 213	1
Grupo 4	5 192	5 010	1
Grupo 5	4 348	4 196	3
Grupo 6	3 343	3 226	3
Grupo 7	6 236	6 017	1
Grupo 8	6 870	6 630	1



Tabela 16– Estimativa do consumo de energia para a satisfação das necessidades energéticas de aquecimento dos apartamentos dos edifícios B1 e B2

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)	Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)	Nº de apartamentos do grupo
Grupo 9	1 664	1 606	3
Grupo 10	4 551	4 392	1
Grupo 11	2 388	2 304	3
Grupo 12	4 253	4 104	1
Grupo 13	5 868	5 663	3
Grupo 14	8 937	8 624	1
Grupo 15	6 607	6 376	3
Grupo 16	8 473	8 176	1

Posto isto, apresenta-se de seguida uma análise detalhada das propostas de intervenção nomeadamente no que diz respeito à proposta em si, à poupança energética que cada uma delas permitirá e ao investimento das suas aplicações.

De salientar ainda que para o cálculo do valor da poupança de energia foi considerado o custo de 0,17€/kWh.

#### 6.1.1 PROPOSTA 1: COLOCAÇÃO DE TETO FALSO COM ISOLAMENTO NAS GARAGENS

Um dos elementos construtivos pelo qual ocorrem perdas de calor são as lajes de separação dos apartamentos com as garagens, uma vez que as últimas se consideram espaços não úteis.

Com o intuito de minimizar as perdas de calor pelo elemento construtivo mencionado, uma das propostas de intervenção passaria pela redução do coeficiente de transmissão térmica desse mesmo elemento. Para tal seria instalado em cada garagem, um sistema como o representado na figura 58, constituído por um teto falso no qual é introduzido sobre ele um isolante térmico.



Fig. 58 – Sistema a instalar no teto das garagens [44]

Para a realização deste sistema, será utilizado um sistema de isolamento termo-acústico no qual será colocado um painel semi-rígido de lã de rocha vulcânica, não revestido e com 40 mm de espessura que será apoiado diretamente sobre o teto falso contínuo suspenso liso (12,5+27+27), constituído por placas de gesso laminado fixadas a mestras separadas de 1 m entre eixos e suspensas da laje já existente através de suspensões combinadas. O revestimento a dar às placas de gesso será feito com recurso a tinta plástica com textura lisa [44].

A aplicação desta proposta permite reduzir o coeficiente de transmissão térmica do elemento construtivo de 2,56 W/(m<sup>2</sup>.°C) para o valor de 0,67 W/(m<sup>2</sup>.°C).

Recorrendo à folha de cálculo desenvolvida pelo ITeCons foi feita uma simulação na qual foi feita essa redução do coeficiente de transmissão térmica. Posteriormente através da fórmula 2.

$$N.E.A.R = \frac{a*b}{c} \text{ (kWh/ano)} \quad (2)$$

Onde:

- a- Necessidades energéticas de aquecimento teóricas, após a realização da proposta (kWh/ano);
  - b- Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas, antes da realização da proposta (kWh/ano);
  - c - Necessidades energéticas de aquecimento teóricas, antes da realização da proposta (kWh/ano),
- foi determinada uma estimativa das necessidades energéticas de aquecimento reais (N.E.A.R).

Os valores, não só das estimativas das necessidades energéticas anuais de aquecimento reais mas também das necessidades a, b e c (definidas anteriormente) apresentam-se nas tabelas 17, 18 e 19.

Tabela 17 – Resultados da aplicação da proposta 1 para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)		Nº de apartamentos do grupo
	Antes da proposta	Após a proposta	Antes da proposta	Após a proposta	
Grupo 1	3 534	2 480	3 410	2 393	3
Grupo 2	3 659	2 628	3 531	2 536	3
Grupo 3	6 591	5 226	6 360	5 043	1
Grupo 4	6 121	4779	5 907	4 612	1
Grupo 5	4 347	4 347	4 195	4 195	3
Grupo 6	3 348	3 348	3 230	3 230	3
Grupo 7	5 822	5 822	5 618	5 618	1
Grupo 8	6 370	6 370	6 147	6 147	1

Tabela 18 – Resultados da aplicação da proposta 1 para os apartamentos dos edifícios A2 e A5

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)		Nº de apartamentos do grupo
	Antes da proposta	Após a proposta	Antes da proposta	Após a proposta	
Grupo 1	2 998	1 985	2 893	1 915	3
Grupo 2	2 895	1 967	2 794	1 898	3
Grupo 3	5 403	4 133	5 213	3 988	1
Grupo 4	5 192	3 887	5 010	3 751	1
Grupo 5	4 348	4 348	4 196	4 196	3
Grupo 6	3 343	3 343	3 226	3 226	3
Grupo 7	6 236	6 236	6 017	6 017	1
Grupo 8	6 870	6 870	6 630	6 630	1

Tabela 19 – Resultados da aplicação da proposta 1 para os apartamentos dos edifícios B1 e B2

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)		Nº de apartamentos do grupo
	Antes da proposta	Após a proposta	Antes da proposta	Após a proposta	
Grupo 9	1 664	1 664	1 606	1 606	3
Grupo 10	4 551	4 551	4 392	4 392	1
Grupo 11	2 388	2 388	2 304	2 304	3
Grupo 12	4 253	4 253	4 104	4 104	1
Grupo 13	5 868	4 602	5 663	4 441	3
Grupo 14	8 937	7 583	8 624	7 317	1
Grupo 15	6 607	5 300	6 376	5 115	3
Grupo 16	8 473	7 137	8 176	6 790	1

Posto isto, apresenta-se na tabela 20, o balanço da aplicação da proposta no que diz respeito ao custo da intervenção e à poupança energética para cada um dos edifícios do conjunto habitacional e ainda para a totalidade deste.

Tabela 20 – Custos e poupança associados à execução da proposta 1

Custo unitário <sup>(1)</sup> [44] (€/m <sup>2</sup> )	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Custo estimado (€)	Poupança anual de energia (€)
Para cada um dos edifícios A1, A3, A4 e A6			
41,58	193,12	8 030	1 470,16
Para cada um dos edifícios A2 e A5			
41,58	193,12	8 030	1 378,02
Para cada um dos edifícios B1 e B2			
41,58	193,12	8 030	1 724,14
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”			
41,58	1 544,96	64 240	12 084,96

(1) MÃO-DE-OBRA INCLUIDA

### 6.1.2 PROPOSTA 2: INJEÇÃO DE MATERIAL ISOLANTE NA FACHADA DOS EDIFÍCIOS

Depois de exposta e analisada a proposta 1, sentiu-se a necessidade de aplicar mais uma proposta que permitisse reduzir ainda mais as necessidades energéticas de aquecimento. Este fator permite efetuar uma poupança no investimento em painéis fotovoltaicos, que nos dias de hoje são ainda muito dispendiosos, quando comparados com os valores da proposta que de seguida se apresenta.

É sabido que a fachada dos edifícios do conjunto habitacional são paredes duplas com uma caixa-de-ar de 40mm e sem isolamento térmico. A proposta que agora se apresenta trata-se da injeção pelo lado exterior de um material de isolamento térmico no interior da caixa-de-ar do elemento construtivo, através da técnica representada na figura 59.



Fig. 59 – Técnica de injeção de material isolante no interior de elementos construtivos, pelo lado exterior [45]

A injeção deste material permitirá a redução do coeficiente de resistência térmica do elemento construtivo no qual será injetado e a consequente minimização das perdas de calor que ocorrem através deste.

De uma forma mais detalhada o isolante térmico a injetar são nódulos de lã de vidro, com uma densidade de 50 kg/m<sup>3</sup>, condutibilidade térmica de 0,037 W/(m<sup>2</sup>°C). A injeção deste material permitiu reduzir o coeficiente de resistência térmica do elemento construtivo de 1,14 W/(m<sup>2</sup>°C) para 0,47 W/(m<sup>2</sup>°C). [46]

Mais uma vez, à semelhança da análise da proposta 1, recorreu-se à folha de cálculo desenvolvida pelo ITeCons e foi realizada uma nova simulação. Nesta foi substituído o coeficiente de transmissão térmica do elemento apresentado anteriormente e através disto foi possível obter os novos valores para as necessidades energéticas de aquecimento teóricas a partir das quais foi possível a obtenção de uma estimativa para as necessidades energéticas de aquecimento reais (N.E.A.R), recorrendo à fórmula 2.

Nas tabelas 21, 22 e 23 apresenta-se os resultados da aplicação do isolante térmico no interior da caixa-de-ar da fachada.

Tabela 21 – Resultados da aplicação da proposta 2 para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)		Nº de apartamentos do grupo
	Antes da proposta <sup>(1)</sup>	Após a proposta	Antes da proposta <sup>(1)</sup>	Após a proposta	
Grupo 1	2 480	2 112	2 393	2 038	3
Grupo 2	2 628	2 243	2 536	2 164	3
Grupo 3	5 226	3 966	5 043	3 827	1
Grupo 4	4779	3 808	4 612	3 675	1
Grupo 5	4 347	3 540	4 195	3 416	3
Grupo 6	3 348	2 717	3 230	2 621	3
Grupo 7	5 822	4 124	5 618	3 979	1
Grupo 8	6 370	4 703	6 147	4 538	1

(1) VALORES APÓS APLICAÇÃO DA PROPOSTA 1

Tabela 22 – Resultados da aplicação da proposta 2 para os apartamentos dos edifícios A2 e A5

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)		Nº de apartamentos do grupo
	Antes da proposta <sup>(1)</sup>	Após a proposta	Antes da proposta <sup>(1)</sup>	Após a proposta	
Grupo 1	1 985	1 640	1 915	1 582	3
Grupo 2	1 967	1 633	1 898	1 576	3
Grupo 3	4 133	2 990	3 988	2 885	1
Grupo 4	3 887	2 961	3 751	2 857	1
Grupo 5	4 348	3 542	4 196	3 418	3
Grupo 6	3 343	2 713	3 226	2 618	3
Grupo 7	6 236	4 522	6 017	4 363	1

Grupo 8	6 870	5 154	6 630	4 974	1
---------	-------	-------	-------	-------	---

(1) VALORES APÓS APLICAÇÃO DA PROPOSTA 1

Tabela 23 – Resultados da aplicação da proposta 2 para os apartamentos dos edifícios B1 e B2

Apartamentos	Necessidades energéticas de aquecimento teóricas (kWh/ano)		Necessidades energéticas de arrefecimento reais estimadas (kWh/ano)		Nº de apartamentos do grupo
	Antes da proposta <sup>(1)</sup>	Após a proposta	Antes da proposta <sup>(1)</sup>	Após a proposta	
Grupo 9	1 664	1 401	1 606	1 352	3
Grupo 10	4 551	3 175	4 392	3 064	1
Grupo 11	2 388	1 908	2 304	1 607	3
Grupo 12	4 253	3 090	4 104	2 982	1
Grupo 13	4 602	3 894	4 441	3 758	3
Grupo 14	7 583	5 763	7 317	5 561	1
Grupo 15	5 300	4 419	5 115	4 265	3
Grupo 16	7 137	5 346	6 790	5 086	1

(1) VALORES APÓS APLICAÇÃO DA PROPOSTA 1

Por fim, na tabela 24, apresenta-se o balanço da aplicação da proposta no que diz respeito ao custo da intervenção e à poupança energética para o conjunto habitacional em estudo.

Tabela 24 – Custos e poupança associados à execução da proposta 2

Custo unitário <sup>(1)</sup> [46] (€/m <sup>2</sup> )	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Custo estimado (€)	Poupança anual de energia (€)
Para cada um dos edifícios A1, A3, A4 e A6			
30,10	522,26	15 720,03	1 996,82
Para cada um dos edifícios A2 e A5			
30,10	522,26	15 720,03	1 943,10
Para cada um dos edifícios B1 e B2			
30,10	571,78	17 210,58	2 271,54
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”			
30,10	4 277,12	128 741,34	16 416,56

(1) MÃO-DE-OBRA INCLUIDA

### 6.1.3 PROPOSTA 3: SUBSTITUIÇÃO DA ILUMINAÇÃO ATUAL POR ILUMINAÇÃO LED

Como apresentado anteriormente no subcapítulo 3.1.3.1 referente a sistemas eficiente de iluminação, constatou-se que atualmente, em média, cerca de 20% da energia total utilizada num edifício é consumida em necessidades energéticas associadas à iluminação [31].

Considerando que o consumo de energia real do apartamento 1 do edifício A1, retirado de uma fatura energética, é de 9 768 kWh/ano e após a aplicação da proposta 1e 2 será de 7235 kWh/ano (isto devido à redução das necessidades energéticas e consequentemente menor consumo para as satisfazer), cerca de 1 447 kWh são consumidos, por ano, na iluminação que é conseguida à custa de lâmpadas incandescentes.

Considerando que este consumo será igual para todos os apartamentos e tendo em conta que o uso de lâmpadas LED (lâmpadas de baixo consumo) permitem reduzir em 80% o consumo de energia comparativamente com as lâmpadas incandescentes, isto significa que a substituição do sistema de iluminação atual por iluminação LED permitiria a redução do consumo de energia associado à iluminação para o valor de 289 kWh/ano em cada apartamento.

Para a realização desta proposta serão utilizadas lâmpadas de classe energética A<sup>+</sup> que apresentam um custo de 4,99 €.

Considerando que em média cada apartamento que constitui este conjunto habitacional possui 20 lâmpadas, apresentam-se na tabela 25 os valores referentes ao investimento da aplicação da proposta e à poupança resultante da sua aplicação.

Tabela 25 – Custos e poupança associados à execução da proposta 3

Custo unitário (€/)	Quantidade (und.)	Custo estimado (€)	Poupança anual (€)
Para cada apartamento			
4,99	20	99,8	196,86
Para cada edifício			
4,99	320	1 596,8	3 149,76
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”			
4,99	2 560	12 774,4	25 198,08

### 6.1.4. PROPOSTA 4: SUBSTITUIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ATUAIS POR EQUIPAMENTOS MAIS EFICIENTES

No que se refere aos equipamentos, um estudo realizado pela DGEG, já apresentado no capítulo 3.1.3.2, relata que a utilização de equipamentos de classe energética A permite uma poupança energética de 50% quando comparado com o consumo de energia de uma habitação que apresenta equipamentos de classe energética inferior [32].

No estudo de caso que se tem vindo a abordar, considerou-se que cada apartamento consome 3 408 kWh/ano que são utilizados na iluminação e nos equipamentos utilizados no dia-a-dia, como por exemplo, máquinas de lavar, frigoríficos e micro-ondas. Desses 3 408 kWh, 1 447 kWh são consumidos, por ano, na iluminação sendo os restantes 1 961 kWh consumidos pelos equipamentos referidos anteriormente.

Tendo em conta isto, nas tabelas 26, 27 e 28 apresenta-se quer o consumo total dos equipamentos antes da realização da proposta quer após a realização desta, em que o consumo de energia desce 50%, como já referido anteriormente. De salientar ainda que foi considerando um cenário mais pessimista em que todos os apartamentos são aquecidos com recurso a equipamentos elétricos.

Tabela 26 – Resultados da aplicação da proposta 4 para os apartamentos dos edifícios A1, A3, A4 e A6

Apartamentos	Energia consumida por equipamentos domésticos (kWh/ano)	Energia consumida por equipamentos utilizados no aquecimento <sup>(1)</sup> (kWh/ano)	Energia total consumida	
			Antes da proposta	Após a proposta
Grupo 1	1 961	2 038	3 999	2 000
Grupo 2	1 961	2 164	4 125	2 063
Grupo 3	1 961	3 827	5 788	2 894
Grupo 4	1 961	3 675	5 636	2 818
Grupo 5	1 961	3 416	5 377	2 689
Grupo 6	1 961	2 621	4 582	2 291
Grupo 7	1 961	3 979	5 940	2 970
Grupo 8	1 961	4 538	6 499	3 250

(1) VALORES APÓS APLICAÇÃO DAS PROPOSTAS 1 E 2

Tabela 27 – Resultados da aplicação da proposta 4 para os apartamentos dos edifícios A2 e A5

Apartamentos	Energia consumida por equipamentos domésticos (kWh/ano)	Energia consumida por equipamentos utilizados no aquecimento <sup>(1)</sup> (kWh/ano)	Energia total consumida	
			Antes da proposta	Após a proposta
Grupo 1	1 961	1 582	3 543	1 772
Grupo 2	1 961	1 576	3 537	1 769
Grupo 3	1 961	2 885	4 846	2 423
Grupo 4	1 961	2 857	4 818	2 409
Grupo 5	1 961	3 418	5 379	2 690
Grupo 6	1 961	2 618	4 579	2 290
Grupo 7	1 961	4 363	6 324	3 162
Grupo 8	1 961	4 974	6 935	3 468

(1) VALORES APÓS APLICAÇÃO DAS PROPOSTAS 1 E 2



Tabela 28 – Resultados da aplicação da proposta 4 para os apartamentos dos edifícios B1 e B2

Apartamentos	Energia consumida por equipamentos domésticos (kWh/ano)	Energia consumida por equipamentos utilizados no aquecimento <sup>(1)</sup> (kWh/ano)	Energia total consumida	
			Antes da proposta	Após a proposta
Grupo 9	1 961	1 352	3 313	1 657
Grupo 10	1 961	3 064	5 025	2 513
Grupo11	1 961	1 607	3 568	1 784
Grupo 12	1 961	2 982	4 943	2 472
Grupo 13	1 961	3 758	5 719	2 860
Grupo 14	1 961	5 561	7 522	3 761
Grupo 15	1 961	4 265	6 226	3 113
Grupo 16	1 961	5 086	7 047	3 534

(1) VALORES APÓS APLICAÇÃO DAS PROPOSTAS 1 E 2

Relativamente a esta proposta que se tem vindo a discutir, foi pensado um cenário em que se introduziriam nas habitações equipamentos que se julgam fundamentais, dos quais:

- Máquina de lavar roupa, que no caso seria de classe energética A+, com 1000 rpm, 23 programações, com proteção contra inundação e com um custo de 249,99 €;
- Máquina de lavar loiça, que possuiria capacidade para 13 talheres, programação diferida com 6 programas, sistema de aqua control, da classe energética A+ e com um custo de 399,99 €;
- Frigorífico com congelador, com capacidade de refrigeração de 211 litros e de congelação de 42 litros, da classe energética A+ e com um custo de 249,99 €;
- Congelador, com capacidade de 86 litros, classe energética A+ e um custo de 199,00 €;
- Fogão com forno incorporado, sistema elétrico de classe energética A e cujo custo é de 419,99 €.

Na tabela 29 é feita uma estimativa do preço da execução da proposta para cada um dos edifícios e para a totalidade do conjunto habitacional.

Tabela 29 – Custos associados à execução da proposta 4

Custo unitário (€/)	Quantidade (und.)	Custo estimado (€)
Para cada um dos edifícios		
1 518,96	16	24 303,36
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”		
1 518,96	128	194 426,88

De seguida, na tabela 30, é apresentado o consumo anual atual, o consumo anual após a aplicação da proposta e a respetiva poupança que a aplicação desta proposta permite obter.

Tabela 30 – Poupança associada à execução da proposta 4

Necessidades energéticas (kWh/ano)		Consumo antes da aplicação da proposta (€)	Consumo após a aplicação da proposta (€)	Poupança (€)
Antes da proposta	Após a proposta			
Para cada um dos edifícios A1, A3, A4 e A6				
78 112	39 061	13 279,04	6 640,37	6 638,67
Para cada um dos edifícios A2 e A5				
74 037	37 025	12 586,29	6 294,25	6 292,04
Para cada um dos edifícios B1 e B2				
81 015	40 522	13 772,55	6 888,74	6 883,81
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”				
622 552	331 338	105 833,84	52 927,46	52 906,38

#### 6.1.5. PROPOSTA 5: INSTALAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES

As propostas apresentadas anteriormente permitem reduzir o consumo energético. Contudo, para que um edifício seja classificado como um NZEB o balanço anual de energia terá de ser quase nulo ou até mesmo nulo e sendo assim é de extrema importância prever a produção de energia para a satisfação das necessidades energéticas.

As propostas que de seguida se apresentam dizem respeito à produção de energia para satisfazer as necessidades energéticas do edifício recorrendo a sistemas solares fotovoltaicos e à produção de energia para a produção de AQS através de sistemas solares térmicos.

Para a determinação quer da quantidade de energia produzida pelo sistema, quer da área de sistema a instalar, como recomendado no despacho nº 15793-H/2013, será utilizado o programa SolTerm, desenvolvido pelo LNEG.

O SolTerm é um programa que, ajustado às condições climáticas e técnicas de Portugal, realiza uma análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos. A simulação energética realizada pelo software considera constante o estado do ambiente e do sistema.

O programa contém na sua base de dados informações como:

- Sistemas solares térmicos e fotovoltaicos existentes no mercado que estejam ensaiados e certificados segundo regras europeias;
- Dados meteorológicos para cada concelho de Portugal.

A partir de uma simulação no SolTerm é possível obter o pré dimensionamento bem como uma análise económica e uma análise ambiental.

De salientar que a versão do SolTerm usada na simulação do seguinte caso prático foi a versão 5.0 que não permite a análise de grandes centrais, como tal para facilitar os cálculos foram analisados separadamente os 8 edifícios que constituem o conjunto habitacional em estudo.

#### 6.1.5.1. Proposta 5.1: Instalação de um sistema solar térmico

A proposta que a seguir se apresenta é essencial uma vez que através desta será produzida a energia para a obtenção de AQS.

Através do recurso à folha de cálculo de aplicação do REH desenvolvida pelo ITeCons, foi possível obter as necessidades de AQS para cada um dos edifícios que constituem o conjunto habitacional em estudo e que a seguir se apresenta na tabela 31.

Tabela 31 – Necessidades de AQS

Edifício	Necessidades de AQS (kWh/ano)
A1	42 793
A2	42 793
A3	42 793
A4	42 793
A5	42 793
A6	42 793
B1	43 387
B2	43 387

Para obter energia que possibilite a produção de AQS em cada edifício é necessário prever um sistema solar térmico que será compensado com um sistema de apoio a ser utilizado quando a radiação solar não for suficiente para produzir a quantidade de energia de que se necessita. Para que a produção dessa energia seja possível, é proposto um sistema semelhante ao representado na figura 60. Este possui um coletor, um depósito com 3 000 litros, um sistema de apoio que será a eletricidade e os demais equipamentos representados na figura como é o caso das bombas e do permutador. Cada coletor a instalar será orientado a Sul com uma inclinação de 33° e apresenta uma área de 1,9 m<sup>2</sup>, um rendimento de 82% e um valor de  $a_1$  e  $a_2$  de 6,200 w/m<sup>2</sup>/K e de 0,004 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>, respetivamente.

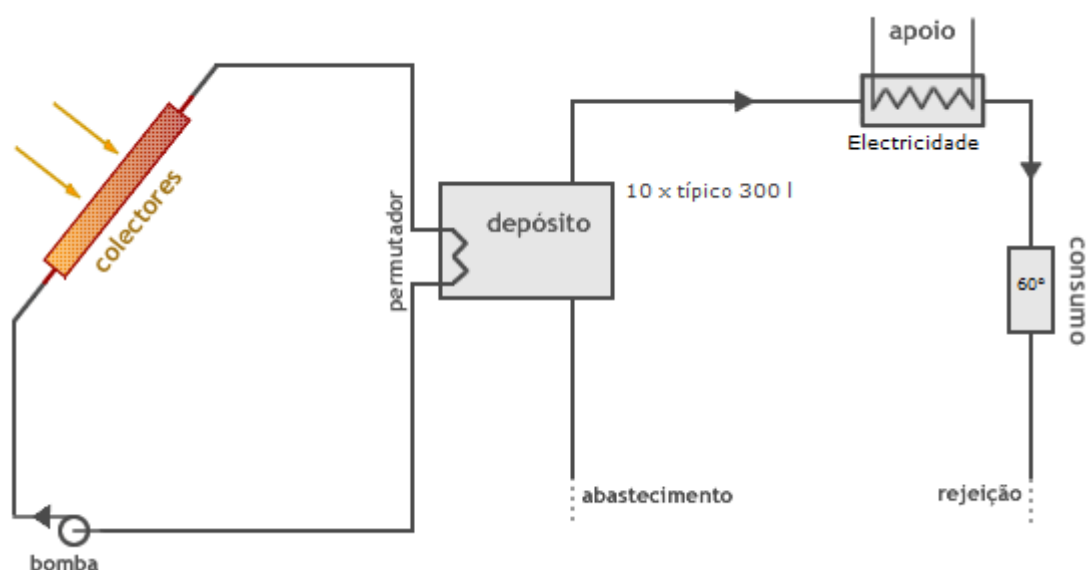


Fig. 60 – Sistema solar térmico proposto (programa SolTerm)

Posto isto, apresenta-se na tabela 32, para além do número de coletores a instalar para garantir a produção de energia para o aquecimento das águas sanitárias, a respetiva área ocupada por estes, as necessidades energéticas anuais de cada edifício, a energia produzida através do sistema de sistema solar térmico e ainda a quantidade das necessidades de AQS que será feita com recurso ao sistema de apoio.

Tabela 32 – Valores referentes à aplicação da proposta 5.1

Necessidades de AQS (kWh/ano)	Nº de coletores a instalar	Área ocupada pelos coletores	Energia produzida pelos coletores (kWh/ano)	Energia requerida do sistema de apoio (kWh/ano)
Para cada um dos edifícios A1, A2, A3, A4, A5 e A6				
42 793	37	70,3	40 646	2 147
Para cada um dos edifícios B1 e B2				
43 387	37	70,3	40 646	2 741
Para a totalidade do conjunto habitacional: "Cooperativa Sache 2ª Fase"				
343 532	296	562,4	325 168	18 364

No que diz respeito ao custo de investimento associado à instalação do sistema solar térmico, apresentado da tabela 33, foi obtido através de uma ferramenta disponível no programa SolTerm de análise económica.

Tabela 33 – Custos associados à execução da Proposta 5.1

	Investimento (€)
Para cada edifício	49 810
Para a totalidade do Conjunto habitacional: “Cooperativa Sache – 2ª Fase”	398 480

## 6.1.5.2. Proposta 5.2: Instalação de um sistema solar fotovoltaico

O dimensionamento do sistema fotovoltaico, pelas limitações do software referidas anteriormente, será feito isoladamente para cada edifício e no fim será somada a produção e a área total de fotovoltaicos a instalar no conjunto habitacional.

Para produzir energia necessária para satisfazer as necessidades energéticas de cada edifício, é necessário prever uma área de painéis fotovoltaicos capazes de produzir essa mesma energia. Para realizar essa produção, foi pensado num sistema como o representado na figura 61, em que o painel é constituído por 2 módulos (1 grupo), com uma área de 1,14 m<sup>2</sup>, uma tensão em circuito aberto de 24,5, uma corrente em curto-circuito de 8,1 A e ainda uma potência nominal de 150,8 Wp. No que diz respeito ao inversor este apresenta uma potência de 2300 W e eficiência de 95 % quando a plena carga e uma potência de 230 W e eficiência de 89% quando a 10% da carga.

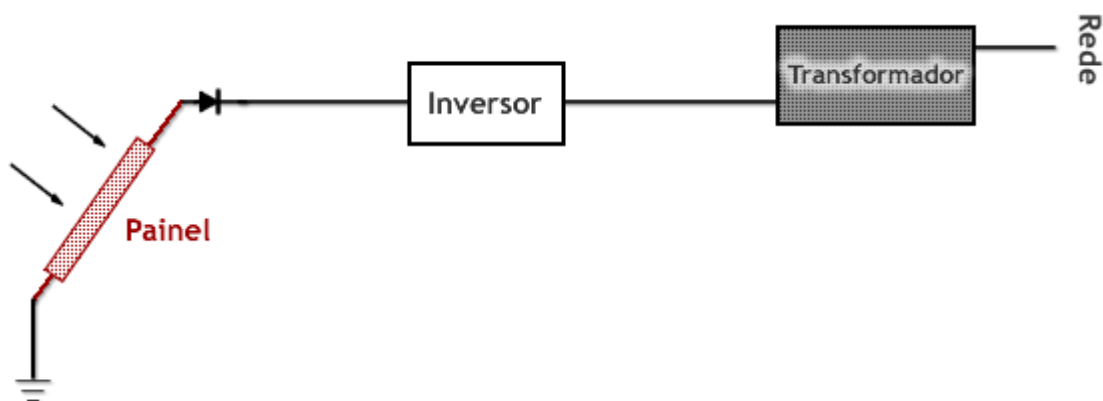


Fig. 61 – Sistema fotovoltaico proposto (programa SolTerm)

Na tabela 34 encontra-se representado, para além do número de grupos a instalar que é necessário garantir para produzir a energia suficiente para a satisfação das necessidades energéticas e a respetiva área ocupada por estes, as necessidades energéticas anuais de cada edifício e a energia produzida através do sistema de fotovoltaicos. De salientar ainda que se apresentam as necessidades de energia de produção de AQS que serão compensadas pelo sistema de apoio elétrico apresentado anteriormente

Tabela 34 – Valores referentes à aplicação da proposta 5.2

Necessidades energéticas (kWh/ano)	Nº de grupos a instalar	Área ocupada (m2)	Energia produzida (kWh/ano)
Para cada um dos edifícios A1, A3, A4 e A6			
43 685	123	280,9	43 847
Para cada um dos edifícios A2 e A5			
41 649	115	262,7	40 996
Para cada um dos edifícios B1 e B2			
45 146	128	292,4	45 630
Para a produção de AQS (sistema de apoio elétrico)			
18 364	50	114,2	18 405
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”			
366 694	1 028	2 357,0	367 045

Seguidamente é apresentado na tabela 35, os valores referentes à instalação no conjunto habitacional do sistema de fotovoltaicos capazes de produzir energia suficiente para que o balanço entre as necessidades energéticas anuais e a produção anual de energia seja zero.

Tabela 35 – Custos associados à execução da Proposta 5.2

Custo unitário (€/)	Quantidade (und.)	Custo estimado (€)
Para cada um dos edifícios A1, A3, A4 e A6		
461,5	123	56 764,5
Para cada um dos edifícios A2 e A5		
461,5	115	53 072,5
Para cada um dos edifícios B1 e B2		
461,5	128	59 072,0
Para a produção de AQS (sistema de apoio elétrico)		
461,5	50	23 375
Para a totalidade do conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase”		
461,5	1 028	474 722,0

Por fim, é de salientar o facto de que o sistema fotovoltaico, pelo já referido anteriormente no capítulo 3.1.4, será ligado à rede de forma a evitar desperdícios de energia.

## 6.2. VIABILIDADE DA PROPOSTA

Depois de analisadas todas as propostas, apresenta-se na tabela 36 o custo de investimento de cada uma delas e ainda o custo total da reabilitação energética do conjunto habitacional: "Cooperativa Sache 2ª Fase".

Tabela 36 – Análise económica da intervenção

Proposta	Investimento (€)
1	64 240,00
2	128 741,34
3	12 774,40
4	194 426,88
5.1	398 480,00
5.2	474 722,00
Intervenção global	1 273 384,62

Sabendo que o conjunto habitacional: "Cooperativa Sache 2ª-Fase" é constituído por 128 fogos, isto significa que o custo aproximado por fogo é de 9 948,31 €.

Por sua vez, na tabela 37, é apresentado o valor da poupança anual resultante da intervenção que foi proposta.

Tabela 37 – Poupança anual resultante da intervenção

Proposta	Poupança (€)
1	12 084,96
2	16 416,56
3	25 198,08
4	52 906,38
Intervenção global	106 605,98

Comparando o custo de investimento da proposta e a poupança anual de energia que esta permite obter, através do cálculo simples do período de retorno, obtido pela divisão entre o investimento total de 1 273 384,62 € e o valor da poupança anual de energia de 106 605,98 € pode concluir-se que em aproximadamente 12 anos o investimento é amortizado. De salientar que não foi analisado o facto de que o valor da venda do kWh à rede apresenta valores mais elevados do que a compra a esta, o que na proposta apresentada permite obter um ganho monetário pelo facto de nos meses de Verão se produzir energia em demasia que é vendida à rede pública.

O facto de este caso de estudo se tratar de uma reabilitação torna mais difíceis e limitadas as tomadas de decisão, principalmente pelo facto de já se encontrarem definidas as orientações das fachadas. Esta

condicionante constitui uma grande barreira no conjunto habitacional: “Cooperativa Sache 2ªFase” porque, uma vez não tendo praticamente fachadas expostas a Sul não permite adotar sistemas de aquecimento passivo, como por exemplo, as Paredes de Trombe que nas orientações Este e Oeste não seriam eficazes na redução das necessidades energéticas porque [24]:

- No Inverno, as fachadas orientadas nestas direções recebem pouca radiação durante poucas horas;
- No Verão, existe uma grande incidência de radiação solar nestas orientações o que poderia dar origem a um sobreaquecimento nesta estação.

Do ponto de vista do balanço nulo entre a energia necessária para satisfazer as necessidades energéticas e a produção dessa mesma energia através de um sistema que a produza a partir de uma fonte renovável, pode dizer-se que esse balanço é alcançado. Por este facto pode afirmar-se que o conceito Net/Nearly Zero Energy Community é alcançado no conjunto habitacional em estudo.

Contudo, apesar do conceito NZEC ser alcançado, este não é feito da forma mais económica. De facto, do ponto de vista da área da engenharia civil as propostas 1 e 2, apresentadas anteriormente, são propostas muito atrativas para se alcançar uma significativa redução das necessidades energéticas com um custo de investimento que se considera razoável tendo em conta as características do conjunto habitacional.

No que se refere às propostas 3 e 4, estas apresentam-se igualmente como propostas muito atrativas e de fácil execução que deveriam ser introduzidas não apenas no presente caso de estudo mas em todos os edifícios, pois permitem uma poupança de energia elevada o que constitui também um efeito benéfico do ponto de vista ambiental.

Relativamente às propostas 5.1 e 5.2, são as que requerem maiores custos de investimento, cerca de 68,57% do investimento total. Salienta-se o facto de que o sistema proposto poderá não ser o mais eficiente e mais rentável, isto porque a proposta apresentada não foi analisada por um engenheiro mecânico que possui mais conhecimentos acerca do tema e poderá obter sistemas mais eficientes e mais económicos reduzindo desta forma não só a área de sistema a instalar mas também os custos de execução da proposta.

Ainda no que diz respeito às propostas 5.1 e 5.2, os sistemas mencionados seriam à partida colocados na cobertura dos edifícios. Fazendo o somatório da área total de sistema fotovoltaico e solar térmico a instalar chega-se a um resultado final de 2 919,4 m<sup>2</sup>. Tendo em conta que cada um dos edifícios possui cerca de 360 m<sup>2</sup> de cobertura, o que faz um total de 2 228 m<sup>2</sup>, e que esta não pode ser ocupada na totalidade pois terá de ser garantida a circulação de pessoas para possíveis operações de manutenção e reparação que se venham a necessitar, chega-se à conclusão que será necessária a incorporação dos sistemas solares fora da cobertura. Por este facto, prevê-se que em reabilitações deste tipo seja de extrema importância a incorporação de arquitetos/urbanista na equipa de trabalho pois estes possuem uma enorme sensibilidade no que diz respeito à incorporação destes sistemas não só na arquitetura dos edifícios mas também no espaço exterior, como por exemplo em coberturas de estacionamento.



# 7

## CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 7.1. CONCLUSÕES

A presente dissertação permitiu adquirir um conhecimento mais aprofundado relativo não só a técnicas existentes que permitem a diminuição das necessidades energéticas de um edifício mas também a técnicas de produção de energia renovável, de modo a que se consiga alcançar o conceito NZEB ou NZEC (se se estiver perante um conjunto de edifícios), conseguido através de um balanço energético nulo entre as duas.

Para que a realização desta dissertação fosse mais completa, e as técnicas abordadas e adotadas fossem de encontro à realidade atual, foi de extrema importância tomar conhecimento das leis, quer nacionais quer internacionais, que vigoram no âmbito da eficiência energética dos edifícios.

Foi elaborado nesta dissertação um caso de estudo de conjunto habitacional já existente, construído em 1991. Neste caso de estudo tentou-se integrar o conceito de Net/Nearly Zero Energy Community através de uma reabilitação do ponto de vista energético e da incorporação de sistemas de produção de energia renovável. O conjunto habitacional situa-se no Porto e foi selecionado por se inserir no clima Mediterrânico, também objeto de análise nesta dissertação.

Antes de se proceder ao estudo das intervenções que permitiam a descida das necessidades energéticas dos edifícios que constituíam o conjunto habitacional, foram elaboradas duas etapas. Em primeiro lugar procedeu-se a um estudo, através da realização de um inquérito aos moradores, com o intuito de obter informações acerca dos hábitos energéticos destes, dos equipamentos que eram utilizados para a satisfação das necessidades de aquecimento e arrefecimento, bem como do sistema de ventilação e da produção de AQS. Posteriormente foram determinadas, através de uma folha de cálculo desenvolvida pelo ITeCons, as necessidades energéticas que os diversos apartamentos apresentavam no momento antes da reabilitação.

Realizadas as duas etapas mencionadas anteriormente, foi possível identificar quais as propostas mais eficazes na melhoria das necessidades energéticas do conjunto habitacional. De salientar que a crise financeira que se atravessa e a consequente dificuldade em obter fundos para a reabilitação de edifícios foi um fator determinante na escolha das propostas.

As propostas apresentadas assentam essencialmente em duas etapas, em primeiro lugar reduzir as necessidades energéticas através da colocação de teto falso com isolamento térmico nos tetos das garagens, da injeção de material isolante na fachada dos edifícios, da substituição da iluminação atual por iluminação LED e da substituição dos equipamentos atuais por equipamentos mais eficientes de classe energética A<sup>+</sup>, em segundo lugar pretendia-se a produção de energia renovável sendo que para o efeito foi proposta a instalação de sistema solar térmico para a produção de AQS e a instalação de um

sistema fotovoltaico capaz de produzir energia que satisfaça as necessidades energéticas do conjunto habitacional.

Analisadas as propostas chegou-se à conclusão que a que requer maiores custos de investimento é a instalação dos sistemas solares que representa mais de metade do custo de investimento total. A integração destes sistemas ocupam uma grande área quando comparado com os projetos apresentados no capítulo 4, isto pelo facto de estarmos perante uma reabilitação o que torna mais difícil reduzir as necessidades energéticas que consequentemente obrigam a uma maior área de sistemas solares para que a produção de energia para a sua satisfação seja possível.

Em jeito de conclusão final pode afirmar-se que a incorporação do conceito Net/Nearly Zero Energy à reabilitação de conjuntos habitacionais em países do Sul da Europa apesar de ser possível é ainda de difícil obtenção. Este facto deve-se principalmente à limitação de estratégias que podem ser tomadas na redução das necessidades energéticas de edifícios já existentes por já possuírem as orientações definidas e que nem sempre são as mais desejadas e depois pela crise que se atravessa e consequente dificuldade na obtenção de fundos para investir.

## **7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Para o desenvolvimento desta temática, tal como já referido anteriormente, deverá antes de tudo existir uma equipa especializada não apenas numa área mas em diversas, nomeadamente a engenharia civil e mecânica e a arquitetura.

Para obter resultados mais aproximados da realidade em estudos do género deverão ser feitos levantamentos mensais dos consumos de energia de todo o edifício, permitindo desta forma possuir informações mais precisas e viáveis no que se refere aos consumos energéticos.

Por fim sugere-se ainda o desenvolvimento de mais soluções de aquecimento passivo pois estas soluções são mais económicas quando comparadas com soluções ativas e apresentam bons resultados de eficiência energética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho. Jornal Oficial da União Europeia. União Europeia. (2010). 153/13-153/35. Consultado em 13/04/2015
- [2] Gonçalves, H. *Em direcção aos Edifícios de Balanço Energético Zero. Jornadas da climatização*, Ordem dos Engenheiros, 2011.
- [3] Hernandez, P., Kenny, P. (2009). *From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)*. Energy and Buildings, 815-821, Elsevier.
- [4] Salgueiro, A., *A contribuição de um sistema solar térmico no desempenho energético do do Edifício Solar XXI*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, 2011.
- [5] Heiselberg, A., Marszal, A., *A literature review of Zero Energy Building (ZEB) definitions*, Aalborg University, Dinamarca.
- [6] Torcellini, P., Pless, S., *Net-Zero Energy Buildings: A classification system based on renewable energy supply options*. National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2010.
- [7] <http://dfwsolarelectric.com/wp-content/uploads/2014/01/Davis3.jpg>. Maio de 2015
- [8] Carlisle, N., Van Geet, O., Pless, S., *Definition of a "Zero Net Energy" Community*, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, 2009,
- [9] Marique A. F., Reiter S. *A simplified framework to assess the feasibility of zero-energy at the neighbourhood/community scale*. Energy and Buildings, 7/04/2014, 114-122
- [10] [http://s.glbimg.com/jo/g1/f/original/2011/05/09/solar-powered-zoo\\_fran.jpg](http://s.glbimg.com/jo/g1/f/original/2011/05/09/solar-powered-zoo_fran.jpg) Maio de 2015
- [11] [http://www.eceee.org/buildings/EPBD\\_Recast](http://www.eceee.org/buildings/EPBD_Recast). Março de 2015
- [12] Portaria nº 349-C/2013, *Elementos para licenciamento*, 2 de Dezembro de 2013
- [13] Portaria 349-B/2013, *Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)- Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções*, 29 de Novembro de 2013
- [14] Decreto-Lei 118/2013, 20 de Agosto de 2013.
- [15] Brajal F., *Edifícios de emissão quase zero - Guia de requisitos para a construção*, Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2012.
- [16] <http://image.slidesharecdn.com/franciscopassos-adeneics10novleiria-101123110513phpapp01/95/francisco-passos-adene-ics-seminrio-10-nov-leiria-22-638.jpg?cb=1422567318> Março de 2015
- [17] Woodward, J., *The Physical Geography of the Mediterranean*, New York: Oxford, 2009
- [18] Politano L., *Extreme temperature events in the Mediterranean*. Tese de Mestrado, of Bern, 2008
- [19] <http://www.indicators.odysseemure.eu/online-indicators.html>. Abril de 2015

- [20] Isolani, P., *Eficiência Energética nos edifícios residenciais – EnerBuilding. Manual do Consumidor*, ADENE, 2008.
- [21] Despacho nº 15793-K/2013, 3 de Dezembro de 2013
- [22] Ande, G., *Windows and Glazing. WBDG - Whole Building Desing Guide*. National Institute of Building Sciences, EUA, 2011
- [23] Marinovski, D., *Eficiência energética em janelas*, 2012
- [24] Gonçalves, H.; Graça, J.; *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, INETI, Lisboa, Novembro de 2004
- [25] Passive-On; *A Norma Passivhaus em Climas Quentes da Europa: Directrizes de projecto para casas confortáveis de baixo consumo energético, Parte 1: Revisão de casas confortáveis de baixo consumo energético*, Julho de 2007.
- [26] Walker, A., *Natural Ventilation. WBDG - Whole Building Desing Guide*. National Institute of Building Sciences, EUA, 2010.
- [27] [http://www.planetacad.com/presentationlayer/Concelhoutil\\_01.aspx?id=59&canal\\_%20ordem=0302](http://www.planetacad.com/presentationlayer/Concelhoutil_01.aspx?id=59&canal_%20ordem=0302) Maio de 2015
- [28] Palhinha, M., *Sistemas de sombreamento em arquitectura: proposta de um novo método de concepção e dimensionamento*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2009
- [29] <http://www.wbdg.org/resources/suncontrol.php?r=psheating> Maio de 2015
- [30] MENDONÇA, P., *Habitar Sob uma Segunda Pele: Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2005
- [31] ADENE, *Guia da Eficiência Energética*. 2010
- [32] DGEG, *Eficiência energética em equipamentos e sistemas eléctricos no sector residencial*. Lisboa, Direção Geral de Energia e Geologia, 2004
- [33] Proença, E., *Energia Solar Fotovoltaica em Portugal*. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2007
- [34] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Fixed\\_Tilt\\_Solar\\_panel\\_at\\_Canterbury\\_Municipal\\_Building\\_Canterbury\\_New\\_Hampshire.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Fixed_Tilt_Solar_panel_at_Canterbury_Municipal_Building_Canterbury_New_Hampshire.jpg). Junho de 2015
- [35] Borges, *Painéis solares para produção de água quente - Portugal Eficiência 2015 (Solar Project)*, 2012
- [36] <http://www.wikienergia.pt/~edp/images/thumb/a/a1/TurbinaVestas.jpg/300px-TurbinaVestas.jpg> Junho de 2015
- [37] [http://www.energiapura.com/email\\_mkt/images/skystream\\_cianorte2.jpg](http://www.energiapura.com/email_mkt/images/skystream_cianorte2.jpg). Junho de 2015
- [38] Lazarus Nicole, *Beddington Zero (Fossil) Energy Development Construction Materials Report Toolkit for Carbon Neutral Developments*. BioRegional Development Group

- [39] Tavares F., *Metodologia para edifícios de balanço energético nulo*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2013
- [40] Stephen M. Wheeler, Robert B. Segar. *chapter 12: zero net energy at a community scale* In *Energy Efficiency*, Elsevier
- [41] Lopes, C., *Edifício de habitação coletiva Cooperativa Sache/ 2ª fase, frente&verso*, 2014
- [42] <http://www.itecons.uc.pt/index.php?module=inst&id=2>. Junho de 2015
- [43] <http://www.itecons.uc.pt/index.php?module=pubs&id=12>. Junho de 2015
- [44] [http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/calculaprecio.asp?Valor=1|0\\_0\\_0\\_0|1|ZHF030|zhf\\_030:c9\\_0\\_1c7\\_0\\_1\\_0\\_0\\_1\\_0\\_1\\_0\\_1c4\\_0](http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/calculaprecio.asp?Valor=1|0_0_0_0|1|ZHF030|zhf_030:c9_0_1c7_0_1_0_0_1_0_1_0_1c4_0). Junho de 2015
- [45] [http://www.geradordeprecos.info/imagenes2/zfi\\_insufacion\\_ext\\_425\\_169\\_57FAC6F0.jpg](http://www.geradordeprecos.info/imagenes2/zfi_insufacion_ext_425_169_57FAC6F0.jpg)  
Junho de 2015
- [46] [http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Reabilitacao\\_energetica/ZF\\_Paramentos\\_verticais\\_adicao\\_d/ZFE\\_Sistemas\\_de\\_insufacao\\_de\\_isol/ZFE020\\_Sistema\\_ISOVER\\_de\\_isolamento\\_atra.html](http://www.geradordeprecos.info/reabilitacao/Reabilitacao_energetica/ZF_Paramentos_verticais_adicao_d/ZFE_Sistemas_de_insufacao_de_isol/ZFE020_Sistema_ISOVER_de_isolamento_atra.html). Junho de 2015



## **ANEXOS**

O objectivo deste inquérito é recolher informações acerca dos hábitos energéticos dos moradores do bairro dos arquitectos bem como os respectivos valores dos consumos da energia.

A informação que irá fornecer contribuirá para que seja possível retirar conclusões no estudo para a tese “Viabilidade da aplicação do conceito nZEB à reabilitação de conjuntos habitacionais em países do Sul da Europa”, no âmbito do MIEC, FEUP.

## 1. Agregado Familiar

- Nº de habitantes da residência: \_\_\_\_\_
- Nº de elementos de cada sexo e suas idades
  - Feminino  
Nº: \_\_\_\_\_  
Idades: \_\_\_\_\_
  - Masculino  
Nº: \_\_\_\_\_  
Idades: \_\_\_\_\_
- Tipo de ocupação
  - ☐ Permanente
  - ☐ Temporária
- Horas de maior incidência na habitação (pode seleccionar mais do que uma opção):

09 h - 12h	
12 h - 14h	
14 h - 18h	
18 h - 20h	
20 h - 24h	
00 h - 09h	

## 2. Equipamentos da habitação

### 2.1 Arrefecimento

- Tipo de equipamento
    - ☐ Ar condicionado
    - ☐ Bomba de calor geotérmica
    - ☐ Ventoinha
    - ☐ Não tem
    - ☐ Outro. Qual? \_\_\_\_\_
- Potência: \_\_\_\_\_
- Nº de horas por dia de utilização: \_\_\_\_\_
- Horário de Funcionamento habitual (exemplo: 20h às 21h): \_\_\_\_\_
- Número de dias, aproximadamente, que usa em média entre Junho e Setembro: \_\_\_\_\_
- Idade do equipamento: \_\_\_\_\_



## 2.2 Aquecimento

- Tipo de equipamento
  - ☐ Aquecimento central a gás
  - ☐ Aquecimento central eléctrico
  - ☐ Aquecimento central com sistema solar
  - ☐ Ar condicionado
  - ☐ Caldeira de biomassa

Sistemas móveis

- ☐ Radiador eléctrico
- ☐ Irradiadores a óleo
- ☐ Termoventiladores
- ☐ Braseiras e Escalfetas
- ☐ Aquecedores a Gás

- ☐ Bomba de calor geotérmica
- ☐ Não tem
- ☐ Outro. Qual? \_\_\_\_\_

Potência: \_\_\_\_\_

Nº de horas por dia de utilização: \_\_\_\_\_

Horário de Funcionamento habitual (exemplo: 20h às 21h): \_\_\_\_\_

Número de dias, aproximadamente, que usa em média entre Novembro e

Fevereiro: \_\_\_\_\_

Idade do equipamento: \_\_\_\_\_

## 2.3 Ventilação

- ☐ Natural (saltar para o tópico seguinte)
- ☐ Mecânica com recuperador de calor
- ☐ Mecânica

Nº de horas por dia de utilização: \_\_\_\_\_

Horário de Funcionamento habitual (exemplo: 20h às 21h): \_\_\_\_\_

Idade do equipamento: \_\_\_\_\_

## 2.4 Águas quentes sanitárias (AQS)

- ☐ Bomba de calor
- ☐ Caldeira de condensação
- ☐ Caldeira de biomassa
- ☐ Termoacumulador a gás
- ☐ Esquentador a gás

**Obrigado pela sua colaboração!**